FERNANDO MIRON CORDA FERNANDES VICENTE

Redução das perdas de produção em uma planta de agroquímicos através da implementação do TPM focada no pilar da manutenção autônoma

Monografia apresentada como requisito parcial para a conclusão do Curso de Engenharia Química da Escola de Engenharia Química de Lorena da Universidade de São Paulo.

Área de Concentração: Engenharia de Melhorias, Operações Unitárias

Orientador: Prof. Antonio Carlos da Silva

Lorena

2014

Dedico este trabalho

À toda minha família, em especial meus pais, irmã e avós, que sempre acreditaram e confiaram em mim, dando todo e qualquer tipo de suporte que necessitei ao longo da faculdade e da minha vida.

Aos meus amigos e todos os membros e agregados da Rep. Hidrante, por possibilitarem que Lorena fosse um lar nestes 5 anos; pelos churrascos que deixavam a Eliane de cabelo em pé, pelos fins de semana na casa do Gaúcho e por todas as discussões e conversas sem nexo que trouxeram tantas risadas vividas naquela casa.

Ao Corinthians, que me proporcionou e continua proporcionando inúmeras emoções (na maioria alegrias).

À minha namorada, por me acalmar e dar suporte em muitos momentos.

AGRADECIMENTOS

Ao “Vô Toninho”, no qual eu me espelho, que sempre investiu em minha educação e não deixou nada faltar em todos os meus 22 anos de vida.

Ao meu orientador, Prof. Antonio Carlos, por todas as correções, dicas, tempo dedicado e todo tipo de suporte que me ajudou a concluir esta etapa.

A todo o corpo docente da Escola Cefi, pelos inúmeros ensinamentos e incentivos que possibilitaram minha entrada no mundo acadêmico.

Ao Prof. Paulo, por despertar meu interesse pela química.

A todo o time da planta de Dithane de Jacareí, por possibilitarem a execução do projeto, dando todos os recursos necessários.

À Eliane, que simplificou muito minha vida nestes anos ao fazer os almoços e deixar a casa em ordem.

RESUMO

VICENTE, F. M. C. F. **Redução das perdas de produção em uma planta de agroquímicos através da implementação de TPM focada no pilar da manutenção autônoma.** 2014. Trabalho de conclusão de curso – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2014.

O TPM é uma filosofia de trabalho surgida no Japão que trabalha para alcançar zero defeitos, zero falhas e zero acidentes dentro de um processo produtivo através do aumento da confiabilidade dos equipamentos. Na planta produtiva do agroquímico Dithane da Dow Agrosciences em Jacareí, São Paulo, os secadores rotativos a vácuo (RVD's) são equipamentos com longo histórico de falhas, causando perdas de produção e desempenhando o papel de gargalos da planta. Devido à operação deste equipamento depender extremamente da operação, possuindo uma automação quase nula, verificou-se que a aplicação do TPM, em especial a aplicação do pilar da manutenção autônoma, seria um ótimo recurso para a solução de tais falhas. Este trabalho implementou o pilar da manutenção autônoma na planta de Dithane através de pesquisa-ação para diminuir as perdas de produção. As perdas de produção nos RVD's foram medidas e uma comparação entre os dados de antes e depois da aplicação do TPM foi feita para avaliar essa aplicação. Além das perdas de produção, também realizou-se uma análise do tempo de lote nos RVD's. A aplicação do TPM iniciou em setembro de 2013, e em termos financeiros, se comparados os primeiros semestre de 2012 e 2014, identificou-se uma redução de 68,42% dos custos de perda de produção, o que ajudou a planta a cumprir suas metas ao operar de maneira mais confiável e continua a ser aplicada na fábrica visando uma melhoria contínua.

Palavras-chave: TPM, manutenção autônoma, secador rotativo a vácuo (RVD)

ABSTRACT

VICENTE, F. M. C. F. **Reduction of production losses on an agrochemicals plant thorough the TPM implementation with focus on the autonomous maintenance.** 2014 Monograph of course conclusion – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2014.

The TPM is a Japanese work philosophy that works to achieve zero defects, zero failures and zero accidents on a process by increasing the equipment's reliability. On the factory of the agrochemical Dithane, belonging to Dow Agrosciences in Jacarei, São Paulo, the rotary vacuum dryers (RVD's) are equipment with a big historic of failures, causing production losses and acting like bottleneck of the plant. These equipment have a poor automation, and their operation depends extremely of the operators. Since the human factor is a determinant factor on the RVD's performance, the TPM implementation focused on the autonomous maintenance pillar. This project applied the autonomous maintenance pillar of TPM on the Dithane plant with an action search methodology to reduce the production losses. An analysis of the production losses of the RVD's during the period of the application and a comparison of the data before and after the project implementation were made. Beyond the production losses, an analysis of the RVD's batch time was evaluated too. The TPM application begun on September 2013, brought positive results, decreasing the production losses caused by the RVD's and helping the plant to achieve its goals, by increasing its reliability. The TPM continues to exist on the plant seeking the *Kaizen*.

Keywords: TPM, autonomous maintenance, rotary vacuum dryer (RVD)

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE GRÁFICOS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EH&S	Environmental, Health and Safety – Saúde, Segurança e Meio Ambiente.
JIT	Just in Time
LPP	Lição Ponto a Ponto
OEE	Overall Equipment Efficiency – Eficiência Geral do Equipamento
RVD	Rotary Vacuum Dryer – Secador Rotativo à Vácuo
TPM	Total Productive Maintenance
TPS	Toyota Production System – Sistema Toyota de Produção

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

Com o fim da Segunda Guerra, houve uma revolução nas linhas de produção graças ao "*pensamento Lean*", criado por Sakichi e Kiichiro Toyoda (também conhecido como sistema Toyota de produção ou *Lean Manufacturing*). São diversas as ferramentas existentes dentro do sistema Toyota de produção, uma delas é o Total Productive Maintenance (TPM), ferramenta desenvolvida inicialmente no Japão por Seiichi Nakajima e que tem como principal objetivo maximizar a efetividade dos equipamentos, diminuindo o tempo entre falhas através de um trabalho conjunto de todos os setores da fábrica, desde os operários até a mais alta cúpula da diretoria.

O TPM é dividido em oito pilares:

- Melhorias Específicas;
- Manutenção Autônoma;
- Manutenção Planejada;
- Qualidade;
- Controle Inicial;
- Educação e Treinamento;
- Melhorias Administrativas;
- Segurança, Saúde e Meio Ambiente.

Dentre estes oito pilares, um dos que mais engloba o time de operação é o da Manutenção Autônoma, que tem como princípio básico fazer com que os operadores desenvolvam o sentimento de "*ownership*" sobre os equipamentos da fábrica e tenham a liberdade de realizar pequenos reparos (como aperto de parafusos, ajuste de gaxetas, etc.) sem necessitar da intervenção da manutenção. Quando bem desenvolvida, a manutenção autônoma pode gerar um "*cost saving*" significativo para as empresas.

Na fábrica de Dithane, fungicida fabricado pela Dow Agrosciences e vendido na forma de pó molhável, uma das etapas do processo de fabricação é a secagem do produto em um secador rotativo a vácuo (RVD), equipamento que opera em regime batelada e cujo desempenho depende principalmente da manutenção do vácuo ao longo de toda sua operação.

No sistema em que opera o RVD, existem vários pontos com potencial para vazamentos, permitindo a entrada de ar e prejudicando o vácuo no equipamento, fato esse que gera perdas de produção[1] e que é constantemente levantado como um dos principais problemas da planta.

Com eficiência máxima, um RVD consegue secar até 9 lotes por dia, porém a meta da planta é secar 8 lotes por dia. Entretanto, o número de 8 ou 9 lotes secos num dia é um fato ocasional ao longo de um ano inteiro de produção (numa média anual, o RVD seca 7 lotes/dia). Embora haja diversos gargalos na produção que consequentemente atrasam o RVD, sabe-se que os vazamentos que provocam "perda de vácuo" no RVD geram uma perda média de 6,5 horas de produção por mês, tempo suficiente para produzir 13,4 toneladas de Dithane. Visando melhorar este desempenho, este projeto propôs a implementação do TPM nestes equipamentos para a diminuição das perdas de vácuo.

Como a implementação do TPM em grau de excelência necessita de envolvimento até da alta cúpula da empresa e leva anos para ser alcançada, o objetivo foi implementar mais especificamente o pilar da manutenção autônoma e desenvolver, principalmente, o sentimento de propriedade (*ownership*) nos operadores, pois com o operador se sentindo "dono" do equipamento, a identificação das perdas de vácuo torna-se mais rápida, uma vez que ele é a pessoa mais próxima ao equipamento, tornando-se então o caminho mais curto para a solução dos problemas.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. OBJETIVO GERAL

Aplicar o pilar da manutenção autônoma do TPM para diminuir as perdas de produção ocasionadas pelos RVD's na planta de Dithane em Jacareí.

1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar um acompanhamento dos tempos de lotes dos RVDs, avaliando a possibilidade de redução dos mesmos;

---

[1] Entende-se como perda de produção todo fator que leva a planta a não atingir a sua meta diária de produção, como equipamento parado, com baixa produtividade, etc.

- Fazer um acompanhamento diário da produção na fábrica de Dithane para identificar possíveis interferências dos RVDs no montante produzido a cada dia;
- Identificar e solucionar pontos que prejudicam o desempenho dos RVDs;
- Obter um aumento da confiabilidade dos secadores rotativos a vácuo e dos operários pela implementação do TPM.

1.2. JUSTIFICATIVAS

Os *rotary vacuum dryers* (RVD's)da planta de Dithane em Jacareí possuem um histórico grande de falhas, trazendo prejuízos para a companhia. Em 2012, as falhas dos RVD's foram responsáveis por mais de 13% das perdas de produção que ocorreram na planta, enquanto em 2011 esse número era maior ainda: 22%. Esta redução de um ano para o outro ocorreu devido a investimentos feitos nos secadores para mitigar os principais problemas ocorridos no ano de 2011. Embora tenha ocorrido essa diminuição, em ambos os anos os RVD's foram a causa número 1 de falhas na planta. As segundas colocadas em perdas, as paradas de programadas de manutenção, foram responsáveis por 21% das perdas em 2011 e 10% em 2011. Um descritivo destas perdas aparece na tabela 1.

Pelo fato do histórico de falhas dos RVD's ser extenso e causar grande impacto financeiro da planta, a direção da fábrica decidiu que esse era um problema a ser combatido.

Tabela 1 - Histórico das principais perdas de produção na planta de Dithane

Tipos de Perda	**Ano**	
	2011	**2012**
RVD's	22,25%	13,23%
Paradas de Manutenção	21,05%	10,44%
Parada para Implementação de Projetos	8,85%	11,63%
Utilidades	4,69%	7,55%
Outras Perdas	43,16%	57,15%

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A HISTÓRIA DO LEAN MANUFACTURING

Sakichi Toyoda e seu filho Kiichiro, a família que fundou a Toyota Motors Corporation, começaram a fabricar teares e carros na década de 1930. Nessa época, o intuito da família era trabalhar em um sistema produtivo de fluxo variável que possuísse máquinas simples, que podiam ser paradas pelos operadores da linha de montagem caso algum defeito fosse detectado. (MCCARTHY e RICH, 2004). Essa ideia inicial começou com um benchmarking feito por Kiichiro, que viajou para Detroit para estudar o sistema de produção americano da Ford durante um ano. Kiichiro retornou para o Japão com um conhecimento detalhado do sistema Ford de produção. Ele estava determinado em adaptar o sistema para fabricar lotes menores, implementar melhorias nas pequenas práticas da produção [...] e implementar diferentes processos na sequência das linhas de montagem (SMITH e HAWKINS, 2004). Esse foi um início cru do Lean Manufacturing, que já possuía o conceito do *Just in time* (JIT) e encontrou certas dificuldades no início, mas posteriormente encontrou oportunidades para evoluir.

Uma dessas oportunidades foi durante a Segunda Guerra Mundial, onde o Japão possuía extrema dificuldade para acessar recursos de todos os tipos – capital, terras, mão de obra qualificada, dentre outros. Essas limitações levaram os japoneses, e a Toyota em particular, a desenvolver técnicas para gerir seus negócios em um ambiente “enxuto” (MOORE, 2007). Essa foi a oportunidade que o pensamento *Lean* precisava para evoluir e tornar-se no *Lean Manufacturing* que conhecemos hoje. Esse desenvolvimento se deu graças a “Taiichi Ohno (engenheiro chefe da Toyota na época) [...] um homem de visão e arquiteto do sistema Toyota de produção (TPS)” (MCCARTHY e RICH, 2004).

Taiichi Ohno entrou na Toyoda após graduar-se na Nagoya Technical High School em 1932. Cedo em sua carreira, ele começou a expandir os conceitos de JIT desenvolvidos por Kiichiro Toyoda para reduzir desperdícios. [...] Taiichi Ohno gerenciou as linhas de produção sob condições severas de escassez de material durante a guerra. Gradualmente, ele desenvolveu métodos melhorados para atender as operações realizadas nas linhas de montagem. Esse sistema desenvolvido (o sistema Toyota de produção, TPS) Ohno creditou a dois conceitos trazidos dos Estados Unidos. O primeiro conceito era o de linhas de

montagem no sistema de produção que ele observou em fábricas dos EUA [...] O segundo era o sistema de operações utilizados em supermercados nos Estados Unidos, que Ohno observou em 1956 durante uma visita. O conceito vindo dos supermercados proveu a base para um fornecimento contínuo de materiais[...] onde os itens só eram repostos nas prateleiras conforme os consumidores os compravam (SMITH e HAWKINS, 2004). As observações feitas nos supermercados norte-americanos fizeram Ohno desenvolver o *Pull system* (sistema puxado).

Graças a Ohno, "a Toyota possuía o *pull system* em toda sua rede de suprimentos, permitindo um fornecimento instantâneo de insumos e um sistema que trabalhava para repor (puxar) o que havia sido consumido ao invés de produzir lotes gigantescos que atendiam previsões de mercado" (MCCARTHY e RICH, 2004).

O sistema desenvolvido na Toyota foi evoluindo ao longo de muitos anos e embora possa parecer, "no início, não havia nenhuma grande estratégia sobre ele. Pelo contrário, ele foi evoluindo conforme as circunstâncias de trabalho e as necessidades que as acompanhavam, inicialmente para sobrevivência e ultimamente para a prosperidade" (MOORE, 2007) e avanço tecnológico das empresas.

Embora os conceitos do *Lean*, que daqui em diante poderá ser também chamado de TPS, sejam simples, possuam quase 90 anos (nasceram na década de 1930 e foram evoluindo ao longo das décadas posteriores) e sejam mundialmente conhecidos hoje em dia, é válido lembrar que sua popularização demorou a acontecer. "O conceito de Lean Manufacturing ficou mais conhecido mundialmente com o livro *A Máquina que Mudou o Mundo*" (MOORE, 2007) na década de 1990. Após ele, diversos estudos, artigos e livros voltaram-se para esse conceito que hoje é cada vez mais aplicado e estudado.

2.2. CONCEITOS DO LEAN: INTERPRETAÇÃO E APLICAÇÃO NA INDÚSTRIA

"O motivador básico do TPS é identificar e remover desperdícios" (WHITNEY, 2004). Este é um dos conceitos mais conhecidos e bem interpretados do *Lean Manufacturing*, entretanto o TPS é uma filosofia que possui muito mais conceitos e objetivos a serem englobados. Por se tratar de um conceito extremamente novo no início da década de 1990, o *Lean* despertou o interesse de muitas pessoas, que pesquisaram e propuseram definições mais detalhadas sobre tal. São diversas as definições que surgiram ao longo do tempo,

todas com a mesma essência e muitas complementares umas às outras. Das encontradas na literatura, umas das mais interessantes e facilmente compreendida é a dada por Monden (1998) que afirma que

> *"A proposta do Sistema Toyota de Produção é atingir o maior nível de produtividade, entregando ao mercado somente o necessário, no modelo solicitado e no tempo certo, eliminando assim os excessos de estoques intermediários e de produtos acabados"*

Em poucas palavras, o objetivo final de quem utiliza o TPS é atingir um grau de excelência em todos os pontos que interferem na linha de produção, fornecendo o melhor produto possível ao consumidor de uma maneira extremamente rentável. Para atingir tal meta, dentro do TPS existem diversas ferramentas atuantes em diferentes setores e que têm como objetivo comum eliminar desperdícios e buscar uma melhoria contínua (*Kaizen*) dentro do seu processo. (RIANI, 2006).

Ao trabalhar com *Lean*, sempre que a palavra desperdício é citada, é importante entender que desperdício é tudo aquilo que adiciona custo na produção mas não agrega valor ao produto final e que acaba encarecendo o processo. A consciência e identificação de desperdícios são tão essenciais no TPS que criou-se os sete desperdícios: (MOORE, 2007)

1. <u>Produção em excesso</u>: Onde quantidades enormes de produtos são manufaturadas e estocadas sem haver um conhecimento da demanda requerida do mercado. Ocorre normalmente quando há um desencontro entre a demanda de mercado e a habilidade que a planta possui de produzir, dando origem a um dos outros desperdícios;
2. <u>Inventário:</u> Inventários desnecessários são frutos da produção em excesso e de outros itens não aproveitados que fazem com que capital fique parado, na esperança de que, no futuro, algum pedido apareça;
3. <u>Processamento Inapropriado:</u> É outro desperdício que surge do desentendimento entre o que o processo é capaz de produzir e o que é necessário ser produzido. Muitas vezes, as fábricas investem em máquinas sofisticadas capazes de trabalhar em altas velocidades e produzirem uma quantidade absurda de produto final, porém, muitas vezes a demanda por esse produto não é tão alta, de forma que um

maquinário mais simples já atenderia às necessidades. Isso gera três perdas: um maquinário sofisticado desnecessário significa investimento sem necessidade, a produção muito alta deste maquinário aumenta o tamanho dos lotes (produção em excesso) e gera um inventário;

4. Transporte Desnecessário: Algumas etapas do processo podem muitas vezes envolver o transporte desnecessário de produtos dentro da fábrica, consumindo horas de trabalho além de percorrer distâncias desnecessárias. Além disso, considera-se que, quanto mais o produto é transportado, mais risco ele corre de ser danificado;
5. Tempo de espera: O tempo de armazenagem de matérias-primas prontas para serem processadas é visto como um desperdício, tendo em vista que você tem um capital parado ocupando um espaço que poderia ser melhor aproveitado
6. Defeitos: Quando um produto apresenta defeito e deve ser reprocessado, todas as atividades que deveriam ter gerado valor no produto final são transformadas em custo. Os custos com defeitos são irreversíveis, mesmo quando os produtos são reprocessados.
7. Movimentação desnecessária: Quando o design do processo é mal feito, muitas atividades repetitivas e estressantes acabam sendo requisitadas para os operários, que podem se sentir descontentes além de trazer problemas ergonômicos. Isso afeta dois conceitos do *Lean*: o primeiro é de que acredita-se que para uma pessoa realizar seu trabalho com maestria, é necessário que ela sinta-se à vontade para trabalhar, a segunda é que o operário pode processar a empresa e gerar mais gastos (MCCARTHY e RICH, 2004)

Como são muitos os tipos de desperdícios, antes de eliminá-los, é necessário conhecer os existentes dentro de cada processo; para resolver esse problema, surge uma das ferramentas muito utilizadas no *Lean*, o mapa de fluxo de valores (MOORE, 2007). O mapa de fluxo de valores é uma representação visual de todo o caminho que uma matéria-prima percorre numa fábrica até ser transformada em produto e entregue ao consumidor. Ao longo deste caminho, deve-se avaliar tudo que agrega valor e tudo que é desperdício (WALKER, BENBOW e ELSHENNAWY, 2013).

Quando o mapa de valor é feito de uma forma meticulosa, acompanhando cada mínimo passo do processo e os desperdícios são identificados, existem diversos métodos que podem ser implementados para a eliminação de tais, são eles:

- Criar um fluxo de processos regular o bastante para que erros superficiais sejam encontrados;
- Nivelar a carga de trabalho entre todos os operários;
- Usar o sistema de produção puxado (*pull system*) para evitar a produção em excesso;
- Parar a produção quando houver um problema, procurar obter a qualidade dentro dos parâmetros de primeira;
- Padronizar tarefas, pois isto é a fundação para alcançar um estado de melhoria contínua;
- Usar controles visuais para que nenhum problema seja escondido;
- Usar apenas tecnologias confiáveis, rigorosamente testadas. (MOORE, 2007)

A aplicação dos conceitos acima é a chave para a resolução dos problemas provindos dos sete desperdícios, colaborando para um produto com muito mais valor agregado do que anteriormente. Porém, o grau de excelência esperado pelo *Lean* não será alcançado somente com essas iniciativas, é preciso trabalhar e modificar a parte mais difícil, as pessoas.

No TPS, as pessoas são vistas como *"asset"*, ou seja, são peças importante na produção, capazes de gerar valor ao produto e que, devido a isso, devem ser constantemente desafiadas, motivadas, bem vistas e tratadas pela organização como o recurso mais valioso que a empresa possui. Esse é o ponto do TPS que é menos compreendido por algumas empresas que tentam aplicar o *Lean* em sua linha de produção. (MOORE, 2007). Esse mau entendimento de que pessoas são ferramentas que agregam valor, gera o <u>oitavo desperdício</u>, um desperdício que não existia no TPS original desenvolvido por Ohno, mas é comum hoje em dia em muitas companhias. Este oitavo desperdício é o <u>Desperdício de Talento</u>, que é desperdiçar as habilidades e perícias das pessoas pedindo a elas que exerçam funções que não exijam delas a necessidade de pensar e muitas vezes poderiam nem existir. (EATON, 2013) Em casos extremos de desperdício de

talento, é comum ver a democão e demissão de funcionários que não atendem às expectativas de produtividade, simplesmente porque não têm apoio da diretoria. Isso gera medo nos outros funcionários e pode acabar comprometendo a melhoria contínua (*Kaizen*) buscada no *Lean* (MOORE, 2007).

O *Kaizen* já citado no texto diversas vezes, significa literalmente "melhoria contínua" e é o "caminho" para que um grau de excelência de produção possa ser alcançado. Dentro dele existem diversas ferramentas que atuam de diferentes maneiras para que a produção seja cada vez mais enxuta, algumas delas já foram citadas neste texto, outras não. São elas:

- 5S;
- *Kanban* (Produção puxada e sinais visuais);
- *Jidoka* (Problemas de qualidade identificados ainda na linha de produção);
- *Poka Yoke* (Identificação de erros, falhas);
- Just in time - (JIT);
- Eliminar desperdícios;
- Fazer mapas de fluxo de valores e mapas do processo (SMITH e HAWKINS, 2004)

Das ferramentas citadas acima, o 5S é uma das mais importantes para a elaboração deste trabalho, fazendo-se necessário uma explanação mais detalhada sobre ela.

O 5S é uma das primeiras ferramentas a serem utilizadas na implementação do *Lean Manufacturing* e dá suporte para que a filosofia siga se desenvolvendo. O 5S vem de palavras japonesas iniciadas com S e cada palavra é um pilar da ferramenta, são elas:

1. *S – Seiri* – Senso de utilização
2. *S – Seiton* – Senso de organização
3. *S – Seitou* – Senso de Limpeza
4. *S – Seiketsu* – Senso de sistematização/padronização
5. *S – Shitsuke* – Senso de autodisciplina

Juntos, esses cinco conceitos aumentam a segurança e eficiência de qualquer ambiente de trabalho (MEISEL, BABB, *et al.*, 2007). A implementação do 5S deve ser dividida em duas partes: a primeira é uma mudança de cultura ao implementar os 3

primeiros S (*Seiri, Seiton* e *Seiketsu*) e a segunda é a consolidação da cultura (*Seiketsu* e *Shitsuke*).

A mudança de cultura deve iniciar a partir do *seiri*, onde tudo aquilo que é desnecessário para a realização de seu trabalho deve ser removido do ambiente, ampliando o espaço útil para o trabalho. Após ter realizado a separação, o *seiton* deve entrar em ação para organizar as ferramentas úteis que sobraram de forma ordenada e de fácil acesso. Normalmente o uso de padrões visuais como mapas de localização são ferramentas muito utilizadas nesta e em todas as outras etapas do 5S. (ORTIS, 2004). Na etimologia de *seiri* e *seiton*, o "sei" significa colocar em ordem o que está desarrumado; "ri", governar com regras; e "ton" assentar-se, estabilizar. (RIBEIRO, 2003).

O *seisou* é outro passo da etapa de mudança de cultura do 5S e que deve ser implementado desde o início da ferramenta. Ele busca uma postura de limpeza regular do ambiente, identificando as causas das sujeiras e eliminando-as. A sujeira dificulta a visualização de outros problemas, e é por isso que deve-se sempre tentar eliminá-las. (RIBEIRO, 2003).

Após os três primeiros S serem implementados na primeira vez, resta aos dois conceitos restantes consolidá-los como um hábito. O *seiketsu* disponibiliza mecanismos para facilitar e estimular a manutenção da ordem, padronizando a mudança de hábito ao utilizar muitos padrões visuais. Após a padronização das atividades via *seiketsu*, cabe ao *shitsuke* fazer com que os novos padrões adotados no ambiente sejam sempre seguidos, não havendo desvio nenhum. O *shitsuke* traz a ideia de que o sucesso do 5S depende somente das pessoas, embora necessite do suporte de todas as pessoas envolvidas no ambiente de trabalho. (ORTIS, 2004).

2.3. MELHORANDO A MANUTENÇÃO: UM PASSO IMPORTANTE PARA APLICAR O LEAN

Existem 3 leis que relacionam a qualidade dos produtos com a manutenção realizada nas máquinas fabris, segundo Smith e Hawkins (2004):

1. Máquinas fabris mantidas em suas condições ideais (através de manutenção adequada) de operação fabricam muitos produtos de qualidade.

2. Máquinas fabris mantidas fora de suas condições ideais e que sofrem manutenção imprópria fabricam poucos produtos de qualidade duvidosa.
3. Equipamentos inoperáveis não fabricam produto algum.

Essas leis são base para a ideia de que, sem a confiabilidade máxima do equipamento, confiabilidade essa resultante de práticas disciplinadas de manutenção, a mais alta qualidade de produtos jamais será alcançada. Como o *Lean* busca em sua raiz, melhoria contínua, qualidade e alto valor agregado, uma fábrica com manutenção precária, jamais conseguirá ser *Lean*. (SMITH e HAWKINS, 2004).

É a partir dessa ideia, que o TPM (Total Productive Maintenance – Manutenção Produtiva Total) começa a se misturar e até mesmo ser confundido como uma ferramenta oriunda do *Lean*.

O *Lean* e o TPM, que mais tarde será mais trabalhado neste texto, possuem origens diferentes porém com conceitos parecidos, que evoluíram paralelamente e que hoje em dia trabalham em conjunto. Ambas as filosofias afirmam que o sucesso da empresa depende da identificação de desperdícios em práticas e comportamentos, que deve ocorrer por parte de todos os funcionários da companhia. Além disso, o TPM trabalha para aumentar a eficácia dos equipamentos, aumentando assim o valor agregado do produto entregue ao cliente, enquanto o *Lean* ajuda a aguçar a definição de valor. Por fim, o TPS sempre busca um processo confiável para alcançar um grau de excelência, enquanto o TPM fornece o mapa para zero perdas, melhoria contínua e otimização dos equipamentos das fábricas. Por isso, são filosofias tão complementares e tão úteis hoje em dia. (MCCARTHY e RICH, 2004).

2.4. TPM: MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE)

O TPM surgiu no Japão na década de 1950. Criado por Seiichi Nakajima, homem capaz de trabalhar na junção dos conceitos da manutenção preventiva e manutenção produtiva para formar a manutenção produtiva total. Tais conceitos eram novos naquela época, especialmente no ocidente, onde manutenção era vista como algo que só deveria ser acionada quando os equipamentos quebrassem, enquanto o TPM trazia o conceito de que equipamentos não são feitos para quebrar, é possível antecipar-se a tais quebras e isso é responsabilidade de todos na fábrica. (MCCARTHY e RICH, 2004)

> *"[...]TPM é uma iniciativa para otimizar a confiabilidade e a efetividade das máquinas fabris. TPM é uma ferramenta baseada em trabalho em equipe e manutenção proativa, que envolve todos os níveis e funções da organização, desde a mais alta cúpula de executivos até os operários de chão de fábrica. [...] Os objetivos do TPM incluem a eliminação de todos os acidentes, defeitos e quebras de equipamento".* (SMITH e HAWKINS, 2004)

O TPM, assim como o *Lean*, muitas vezes é mal interpretado e dessa forma aplicado de forma errônea na indústria, normalmente por culpa da alta cúpula da empresa que acaba não se envolvendo em sua implementação por pensar que se trata de um programa para melhorar a manutenção, focalizando-o assim somente no setor de manutenção. Entretanto, o TPM não é uma proposta de curto prazo para resolver problemas e diminuir custos da manutenção, mas sim uma ferramenta que muda a cultura da corporação, melhorando e mantendo a efetividade dos equipamentos através do envolvimento dos operários de forma proativa bem como todos os outros membros da fábrica. (SMITH e HAWKINS, 2004)

A mudança de cultura proposta pelo TPM foca em diminuir as perdas de produção através de um tratamento diferenciado nos equipamentos da fábrica, buscando sempre melhorar sua efetividade. Acredita-se que quando um equipamento falha, não entregando 100% da sua capacidade, isso se deve a um fenômeno físico que pode ser identificado, trazido sob controle, reduzido e até eliminado. Segundo o JIPM (*Japan Institute of Plant Maintenance*), as perdas de produção relacionadas aos equipamentos podem ser divididas em seis categorias:

1. Quebra de equipamentos por falha mecânica;
2. Ajustes e montagens desnecessárias;
3. Pequenas paradas dos equipamentos;
4. Operação reduzida (baixa velocidade);
5. Perdas durante a partida dos equipamentos (*set-up*);
6. Retrabalho.

Além de identificadas as categorias, o JIPM também mostrou os motivos para que tais perdas ocorram (MCCARTHY e RICH, 2004):

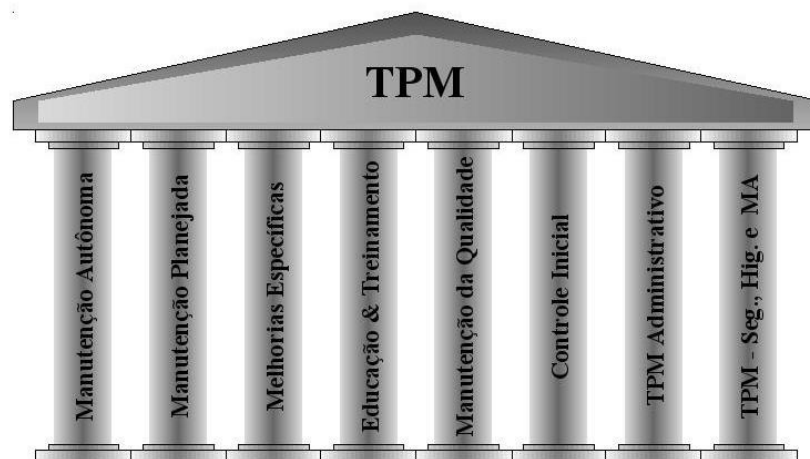
- Equipamentos em más condições de uso (acúmulo de poeira, ausência de lubrificação, etc.);

- Erro humano;
- Falta de compreensão do equipamento e como chegar às suas condições ótimas de uso.

A partir das perdas e suas razões identificadas pelo JIPM, deve-se trabalhar com os oito pilares de sustentação do desenvolvimento do TPM para eliminar tais perdas. Os pilares, como descrito por Paula, Silva e Rocha (2010) e ilustrado pela figura 1, são:

1. Manutenção Autônoma;
2. Manutenção Planejada;
3. Melhorias Específicas;
4. Educação e Treinamento;
5. Qualidade;
6. Controle Inicial;
7. Melhorias Administrativas;
8. Segurança, Saúde e Meio Ambiente.

A implementação do TPM, por se tratar de uma mudança de cultura e possuir vários pilares, leva anos para ser consolidada numa empresa. Há quem diga que para alcançar um grau de excelência no TPM leva-se quase 12 anos. Devido a isso, a implementação do TPM necessita ser bem planejada pela organização, implementando os pilares aos poucos, desenvolvendo e modificando a cultura, o modo de pensar e agir das pessoas da empresa. (ALMADA, 2006).

Figura 1- Ilustração dos oito pilares do TPM e como eles o sustentam

Fonte: *(TONIETTO, 2012)*

2.4.1. OS OITO PILARES DO TPM

Os oito pilares do TPM trabalham em conjunto e com o objetivo comum de alcançar zero quebras, zero defeitos e zero acidentes. Justamente devido a esse trabalho em conjunto, muitos conceitos se confundem entre os pilares, fato que inclusive facilita a implementação de um pilar por vez. A seguir, os oito pilares serão descritos, alguns com mais minúcia e outros menos, justamente por essa inter-relação conceitual entre eles.

2.4.1.1. MELHORIA ESPECÍFICA

O pilar da melhoria específica foca no trabalho em equipe para a eliminação de quaisquer perdas identificadas em qualquer processo. (Total Productive Maintenance, 2013)

Na melhoria específica, as perdas de produção são estruturadas de duas formas diferentes. A primeira estruturação divide as perdas em 15 principais tipos, divididas em três setores da fábrica. Os três setores onde se pode ter perda são, segundo Almada (2006):

- Equipamentos: cuja as 6 principais perdas já foram identificadas pelo JIPM;
- Insumos: onde as perdas ocorrem por:
  - Baixo rendimento de materiais;
  - Baixa eficiência de energia;
  - Baixa eficiência de gabaritos e moldes;
- Força de trabalho:
  - Falhas administrativas;
  - Falhas operacionais;
  - Falhas de logística;
  - Desorganização da produção;
  - Medições e ajustes excessivos.

Além da classificação via setores da fábrica, há outra estruturação que classifica as perdas em dois tipos e que permite identificar e medir os reforços requeridos para eliminação de tal perda. Na segunda estruturação, as perdas são classificadas em perdas esporádicas e crônicas. As perdas esporádicas não ocorrem frequentemente e quando ocorrem necessitam de medidas corretivas para serem eliminadas. Normalmente são

fáceis de serem identificadas e eliminadas. Por sua vez, as perdas crônicas são aquelas que ocorrem diariamente, nivelando e limitando a produção da fábrica. As perdas crônicas são as mais difíceis de serem identificadas e eliminadas, além de serem causadas por diversas fontes. Para reduzir as perdas crônicas, são necessárias medidas inovadoras. (ALMADA, 2006).

Para a identificação das perdas, diversas ferramentas podem ser utilizadas, as principais delas são: ciclo PDCA, árvore de perdas e análise do padrão OEE. (Total Productive Maintenance, 2013)

A árvore de perdas segue um padrão parecido com o do mapa de fluxo de valores, onde se deve investigar a fundo todo o processo e analisar aquilo pode estar gerando perdas (não agregando valor). O *Overal Equipment Efectiveness* (OEE) é uma métrica que calcula a efetividade com que o equipamento trabalha na fábrica, através da equação 1. (MOORE, 2007)

$$OEE = A \times R \times Q \text{.........(1)}$$

Na equação 1 os valores de A, R e Q são representados em porcentagem e significam disponibilidade do equipamento, taxa de trabalho do equipamento e qualidade dos produtos obtidos, respectivamente. A partir do OEE, é possível verificar se a utilização do equipamento está sendo plena e onde poderiam ser realizadas melhorias. (MOORE, 2007)

2.4.1.2. MANUTENÇÃO AUTÔNOMA

O pilar da manutenção autônoma visa melhorar a eficiência dos equipamentos a partir do envolvimento proativo dos operadores. Neste pilar, o operário tem que perder o pensamento de que o equipamento é algo de interesse da manutenção, criando a ideia de que o equipamento por ele operado a ele possui, assumindo assim o papel de responsável pela operação e manutenção básica do equipamento, dependendo da manutenção somente para trabalhos específicos. Em poucas palavras, o operador deve desenvolver o sentimento de *ownership* sobre o equipamento. (PAULA, SILVA e ROCHA, 2010)

Esse *ownership*, quando bem desenvolvido, pode (e deve) chegar ao grau onde o operador conhece o equipamento profundamente, identificando inconveniências (ruídos)

facilmente e adotando uma rotina de inspeção rigorosa e padronizada, realizando pequenos reparos (aperto de gaxetas e parafusos, lubrificação de eixos, etc.) e desenvolvendo assim uma atuação preventiva sobre o equipamento. (ALMADA, 2006)

O pilar da manutenção autônoma é implementado por oito diferentes etapas seguindo o seguinte padrão:

0. Preparação: Nesta etapa, grupos de trabalho são formados e os conceitos básicos de TPM e manutenção autônoma são apresentados aos integrantes do grupo. Também é apresentado ao grupo o conceito de 5S, ferramenta extremamente útil nas próximas etapas;
1. Limpeza e Inspeção Inicial: Nesta etapa, o *housekeeping* é aplicado na área do equipamento, eliminando toda a poeira e outras sujeiras que possam causar uma deterioração acelerada do equipamento, resgatando as condições básicas visando levar o equipamento à condição ideal;
2. Eliminação de fontes de sujeira e sujeiras em locais de difícil acesso: Aqui, a utilização de padrões visuais para detecção de defeitos e de fontes de sujeira começa a ser usada para que o tempo gasto na limpeza do equipamento comece a ser reduzido;
3. Elaboração de padrões provisórios de limpeza e inspeção: A preparação de roteiros de limpeza começa a existir. Aqui, o uso de controle visual via etiquetagem do equipamento já está parcialmente consolidado pela etapa 2 e as Lições Ponto a Ponto (LPP's) ou Lições de Um Ponto começam a ser implementadas;
4. Inspeção Geral dos Equipamentos: O desenvolvimento das LPP's (conceito que será melhor explanado posteriormente) passa a ser mais específico para o equipamento. As habilidades em pequenos reparos no equipamento são iniciadas e bem desenvolvidas nesta etapa;
5. Inspeção Geral do Processo: As LPP's passam a incluir o processo em interface com os equipamentos e os operadores passam a adquirir a capacidade de identificar desvios preventivamente. Nesta etapa, a confiabilidade e segurança de processo do equipamento aumentam mediante a uma operação correta;
6. Padronização Definitiva: Os roteiros de inspeção desenvolvidos na etapa 3 são revisadas e têm um apoio maior da engenharia de processo; (ALMADA, 2006)

7. Controle Autônomo: “O principal item desta etapa é a utilização das habilidades adquiridas nas etapas anteriores, para analisar os dados sobre quebra ou falha, técnicas de melhorias e aumento de eficiência do equipamento e capacitação técnica para pequenos ajustes.” (PAULA, SILVA e ROCHA, 2010).

Para que seja efetivo, o pilar da manutenção autônoma necessita de apoio dos outros pilares, principalmente o da “Educação e Treinamento”, pois o desenvolvimento do sentimento de *ownership* e os conhecimentos sobre o equipamento demandam tempo para sedimentarem na operação. Embora possua dificuldades, quando o pilar da manutenção autônoma é bem trabalhado os resultados são impressionantes, pois com os operários mantendo os equipamentos em suas condições ideais, evitando assim quebras por deterioração acelerada, o setor de manutenção, que antes gastava a maior parte do seu tempo em manutenções corretivas, passa a desempenhar a manutenção especializada, gastando seu tempo somente em reparos extremamente técnicos e em atividades que agregam valor ao equipamento, trazendo melhorias para tal (GULATI, 2013).

2.4.1.3. EDUCAÇÃO E TREINAMENTO

“Toda a ênfase do TPM é direcionada a levar seus participantes – desde o chefe executivo da empresa até os operários e mantenedores – em uma jornada da inocência - para a excelência” (WILLMOTT e MCCARTHY, 2001).

O pilar de educação e treinamento é de suma importância no TPM, pois dá suporte a todos os outros pilares, uma vez que o TPM necessita da participação ativa e consciente de todas as partes da planta. Normalmente, um método inicial para a aplicação desse pilar é fazer um levantamento das habilidades e conhecimento técnico que as pessoas possuem. No caso da operação, por exemplo, levantar qual o conhecimento que os operários possuem sobre determinado equipamento. A partir desse levantamento inicial, deve-se levantar os *gaps* de conhecimento existentes e focar os treinamentos na extinção de tais *gaps*. (GULATI, 2013). Tais treinamentos por sua vez, podem ser realizados por diferentes métodos: através de materiais didáticos, metodologias específicas e salas de treinamento para aplicação das habilidades aprendidas via material didático. Outro artifício usado no treinamento é o ensinamento de operador para operador, onde aquele com maior grau de conhecimento instrui os outros. (ALMADA, 2006)

Uma coisa importante que deve ficar guardada no conceito deste pilar é que não basta a operação entender como operar o equipamento, ela deve entender o porquê o equipamento é operado de tal maneira (*know-why* é mais importante que o *know-how*). Devido a toda essa importância do pilar, é válido lembrar que o investimento no treinamento normalmente é pesado, mas não deve ser economizado, pois ele é etapa fundamental para o TPM e com certeza trará retorno. (PAULA, SILVA e ROCHA, 2010)

2.4.1.4. MANUTENÇÃO PLANEJADA

Este pilar normalmente é responsabilidade do time de manutenção da fábrica e interage fortemente com o pilar da manutenção autônoma, de tal forma que muitas vezes o sucesso de um depende do sucesso do outro. Esse "casamento" tem como foco principal alcançar zero falhas de equipamento, seguindo um passo a passo estruturado capaz de elevar a confiabilidade dos equipamentos a um custo ótimo. (Total Productive Maintenance, 2013).

Dentro da manutenção planejada, existem diversos tipos que podem ser aplicados tanto pela operação como pelos mantenedores de forma a organizar quais as atividades e equipamentos a serem focalizados. São quatro os tipos de manutenção, segundo Almada (2006):

- Manutenção baseada no tempo (TBM): consiste em inspecionar, executar serviços, limpar e substituir periodicamente peças para prevenir problemas emergenciais nos equipamentos e processos. (Atuação PREVENTIVA);
- Manutenção baseada nas condições (CBM): Consiste em inspecionar através de diagnósticos, verificando as condições dos equipamentos rotativos de forma contínua ou intermitente, durante a operação e nos estáticos através de técnicas de verificação não destrutivas, avaliando e monitorando as condições reais dos equipamentos. (Atuação PREDITIVA);
- Manutenção após quebra/falha (BM): Muitas fábricas possuem equipamentos cuja parada para manutenção pode trazer perdas de produção tão grandes quanto uma parada pós quebra. Nestes casos, é mais interessante a quebra do equipamento do que qualquer parada para manutenção. Outro caso onde a BM é aplicada são em

equipamentos cuja falha não afeta significativamente as operações ou a produção, não gerando outros custos além dos previstos na reparação. (Atuação CORRETIVA)

- Manutenção por melhoria (IBM): Consiste em realizar melhorias, por manutenção corretiva, visando tornar a manutenção preventiva mais eficiente e aumentar a confiabilidade do equipamento. (Atuação CORRETIVA visando MELHORIAS).

A implementação da manutenção planejada, assim como a manutenção autônoma, deve seguir um passo a passo divido em 6 etapas, são elas:

1. Avaliar o equipamento e entender a situação: Nesta etapa devem ser adotados critérios de criticidade para avaliar qual o estado de conservação atual do equipamento. Deve ser feito um levantamento de toda a documentação e registros do equipamento além de medir a frequência e a severidade com que as falhas e pequenas paradas ocorrem. Ao final desse passo, metas de manutenção devem ser estabelecidas;
2. Restaurar deteriorações e corrigir anomalias: Semelhante à etapa 2 da manutenção autônoma, o 5S deve ser aplicado na área do equipamento para que todo ambiente que provoca deterioração forçada seja eliminado, trazendo assim o equipamento à sua condição básica. Além disso, algumas atividades de melhoria específica contra quebras reincidentes são tomadas;
3. Criar um sistema de gestão da informação: Todas as atividades realizadas no equipamento (inspeção, lubrificação, manutenção, etc.) devem ser registradas e um sistema que compila todas as falhas, dados e registros deve ser elaborado para que um planejamento da manutenção possa ter embasamento. É interessante também a implementação de um sistema orçamentário para gestão dos cursos e otimização dos recursos;
4. Estruturar um sistema de manutenção periódica (TBM): Baseado no sistema desenvolvido na etapa 3, o plano de manutenção periódica é elaborado, juntamente com um fluxograma das atividades a serem realizadas. Nesta etapa, assim como em todo o TPM, o controle visual é extremamente importante;
5. Construir um sistema de manutenção preditiva (CBM): De maneira análoga a etapa 4, um plano em um fluxograma para este tipo de manutenção é elaborado. No

plano elaborado, normalmente é avaliado o método e frequência de medição a ser adotado bem como os custos envolvidos e times participantes;

6. Avaliar o sistema de manutenção planejada: É feita uma avaliação de todo o trabalho realizado até aqui. São medidos o aumento na confiabilidade do equipamento (OEE), a melhoria da frequência de manutenção, o aumento dos níveis de segurança no processo e a diminuição no número de falhas. (ALMADA, 2006)

Como já mostrado, os mantenedores passam a focar seu trabalho na incorporação de melhorias e na elaboração de um calendário programado das atividades de manutenção a serem realizadas (YAMAGUCHI, 2005). É importante ressaltar que quando a rotina da manutenção planejada consegue fazer com que o equipamento opere com confiabilidade, suavidade e sem nenhum sinal de mau funcionamento (resultado da aplicação das seis etapas de forma primorosa), é importante que não haja intervenções desnecessárias da manutenção. Tais situações, conforme o TPM vai se desenvolvendo, tornam-se cada vez mais comuns e o setor de manutenção vai tornando-se cada vez mais qualificado em melhorias, objetivo principal deste pilar. (WILLMOTT e MCCARTHY, 2001).

2.4.1.5. QUALIDADE

O pilar da qualidade visa transformar o método de controle da qualidade da forma corretiva (onde o produto é corrigido) para a forma preventiva. Para prevenir tais defeitos de qualidade, é realizado o controle dos *inputs* da produção, os 4M's: homem, máquina, material e métodos (do inglês, *man, machine, material* e *methods*, respectivamente). (ALMADA, 2006)

O sucesso da aplicação do pilar da qualidade depende do sucesso de todos os pilares citados até aqui (melhoria específica, manutenção autônoma, manutenção planejada e educação e treinamento). Isso pode ser afirmado devido ao fato de que o controle de cada um dos 4M's abrange os conceitos vistos nos outros pilares. (ALMADA, 2006)

Para o controle da máquina é necessário a eliminação do estado de deterioração acelerada, trabalhando com o equipamento na melhor condição possível e zero falhas na produção. Estado de qualidade alcançado graças a manutenção autônoma e planejada. No

controle de material, é necessário controlar a aquisição de matérias-primas e insumos e ajudando no desenvolvimento dos fornecedores. No caso dos homens, é necessário o desenvolvimento de competências para a identificação precoce de erros, além de uma mudança de postura dos mesmos, adotando sempre atitudes preventivas, rigorosas e detalhadas (educação e treinamento + manutenção autônoma). Por fim, o controle dos métodos se dá na padronização da produção, com inspeção e controle das variáveis extremamente rigoroso. (PAULA, SILVA e ROCHA, 2010)

O objetivo final deste pilar é satisfazer o cliente entregando o produto de mais alta qualidade possível ao trabalhar com uma linha de produção livre de defeitos. (GULATI, 2013)

2.4.1.6. CONTROLE INICIAL

O pilar do controle inicial também é conhecido como gerenciamento preventivo ou gestão do desenvolvimento e está relacionado aos projetos de melhoria, design e compra de novos equipamentos para a fábrica. Seu objetivo principal é o planejamento e execução rápido de projetos que desenvolvam equipamentos praticamente perfeitos (zero falhas) e produtos de melhor qualidade. (Total Productive Maintenance, 2013)

Para o desenvolvimento desses projetos, é necessário o trabalho em conjunto entre manutenção, operação e engenharia para que os pontos fracos existentes na produção atual (pontos esses identificados via manutenções autônoma e planejada) sejam levados em consideração no projeto do equipamento, fazendo assim com que haja um direcionamento para um design que: facilite a manutenção autônoma; seja de fácil operação; fácil manutenção; alta segurança e que contribuam para a qualidade do produto. (GULATI, 2013)

A correta aplicação do pilar de controle inicial resulta na entrega de produtos com um *lead time* menor, equipamentos com um OEE maior e capazes de fabricar produtos de alta qualidade já no *start-up* da planta, além de diminuir o custo do ciclo de vida dos equipamentos (Total Productive Maintenance, 2013)

2.4.1.7. MELHORIAS ADMINISTRATIVAS

No TPM, a mesma organização e melhorias que acontecem na linha de produção quando os pilares são aplicados devem ocorrer na área administrativa da fábrica, tal feito é alcançado com o pilar das melhorias administrativas. (RIBEIRO, 2003)

Para que ocorram as melhorias administrativas, é necessário seguir um passo a passo semelhante aos já vistos nesta filosofia:

1. <u>Implementar o 5S no escritório:</u> eliminação dos desperdícios no escritório;
2. <u>Análise dos fluxos de trabalho:</u> aumento da eficiência do trabalho;
3. <u>Implementação de melhorias:</u> criação de um sistema de manutenção autônoma administrativa;
4. <u>Padronização:</u> criação de um sistema eficiente de distribuição de pessoal;
5. <u>Educar e treinar:</u> melhoramento da capacidade administrativa;
6. <u>Formação de grupos autônomos:</u> desenvolvimento de um sistema de avaliação de trabalho. (ALMADA, 2006)

Este pilar otimiza o processo administrativo, aumentando a confiabilidade da própria empresa.

2.4.1.8. SEGURANÇA SAÚDE E MEIO AMBIENTE (ENVIROMENTAL HEALTH AND SAFETY - EH&S)

O pilar de EH&S é considerado por muitos a base para todos os outros pilares. Seu objetivo é eliminar e prevenir toda condição que prejudique a segurança para que zero acidentes possam sem alcançados. Além do zero acidentes (de segurança pessoal e segurança de processo), o pilar de EH&S também visa eliminar o *stress* das pessoas (zero preocupações com saúde ocupacional) e diminuir ao máximo a poluição do processo (zero incidentes ambientais). (GULATI, 2013)

As ferramentas utilizadas no pilar de EH&S focam no comportamento das pessoas, na condição do maquinário fabril e em um sistema de gerenciamento. É sabido que a maioria dos acidentes (cerca de 96%) ocorrem devido ao comportamento das pessoas, por isso o treinamento das pessoas e o enfoque em identificar condições inseguras ou quase

acidentes (*near misses*), antecipando-se aos acidentes e podendo tomar ações para que pequenos eventos tornem-se grandes eventos. (Total Productive Maintenance, 2013)

O pilar de EH&S, assim como todo o TPM, também trata-se de uma mudança de cultura, onde todo acidente é capaz de ser antecipado através de ações preventivas. Os acidentes devem ser evitados ao máximo, mas quando ocorrem, devem ser vistos como fontes de aprendizado para que eventos futuros não ocorram.

2.4.2. FERRAMENTAS DO TPM

O 5S é um conceito que dá uma sustentação uniforme e resistente ao TPM, sendo indispensável a sua aplicação prévia ou concomitante à aplicação do TPM na fábrica. A partir das ideias de organização e utilização de ferramentas visuais para a facilitar o trabalho, vindas do 5S, surgem diversas ferramentas que dão suporte na implementação da filosofia TPM e seus oito pilares. É valido ressaltar que a grande maioria dessas ferramentas são visuais e podem ser confundidas com o próprio 5S, porém cada uma possui uma característica e função particular. A seguir, apresenta-se uma lista com essas ferramentas e posteriormente uma descrição detalhada de cada uma. (ALMADA, 2006)

- Lições ponto a ponto;
- Etiquetagem;
- Árvore de perdas;
- Quadros de atividades;
- Roteiros de inspeção;
- Controle visual;
- Registro fotográfico e museu negro;
- Investigação de causas raízes: método dos cinco porquês (*5-whys*)

2.4.2.1. LIÇÕES PONTO A PONTO (LPP)

Também conhecidas como lições de um ponto, essas lições são essenciais para o sucesso dos pilares de manutenção autônoma, melhoria administrativa e manutenção planejada. Uma LPP, conforme ilustrado na figura 2, é um formulário que deve discorrer sobre um tema único de forma simples e objetiva com o intuito de ensinar a quem lê alguma habilidade ou conceito importante. (RIBEIRO, 2003)

Figura 2– Exemplo de LPP em um trabalho de TPM aplicado numa fazenda de plantação de soja.

Fonte: (NEVES, 2011)

As LPP's devem ser extremamente visuais, podem ser elaboradas por qualquer pessoa da planta (normalmente aquele que melhor entende sobre o assunto nela abordado) e devem ficar expostas na planta e com acesso livre a qualquer pessoa. A grande vantagem de sua utilização é que a lição é simples e visual, tornando-se mais eficiente do que os procedimentos operacionais de inúmeras páginas, que tornam o aprendizado massivo. (BELINELLI, PILATTI e FRASSON)

Como podem discorrer sobre qualquer assunto, as LPP podem ser divididas em três categorias: conhecimento básico, casos de melhoria e casos de problemas. Uma LPP de conhecimento básico é utilizada para evitar a ocorrência de problemas, passando informações importantes sobre a produção do dia-a-dia. Uma LPP de caso de melhoria explica a implementação de uma nova melhoria ou mostra os resultados da sua implementação. Por fim, uma LPP de caso de problema apresenta um problema que já ocorreu, ensinando todos os pontos importantes sobre ele e as medidas necessárias para evitar que ele volte a ocorrer. (RIBEIRO, 2003)

2.4.2.2. ETIQUETAGEM

A etiquetagem é um meio muito útil na identificação de problemas na fábrica e podem ser de diversos tipos. Algumas etiquetas servem para classificar um problema e mostrar quem é o responsável por tal (manutenção ou operação), outras etiquetas servem para identificar o estado de conservação do equipamento ou até para apresentar o registro de lubrificação e aperto de parafusos. A grande vantagem das etiquetas é a identificação do problema no local em que ele se encontra. (ALMADA, 2006)

Figura 3 - Exemplos de etiqueta usadas para indicar o estado do equipamento

Fonte: (NEVES, 2011)

Figura 4 – Outro exemplo de etiqueta do TPM, agora indicando que existe uma anomalia e quem é responsável por ela

<Fonte: www.engenhariadeproducaoindustrial.blogspot.com.br>

2.4.2.3. ÁRVORE DE PERDAS

Conceito já citado neste texto, é um mapa muito semelhante ao mapa de fluxo de valores do *Lean*, que identifica todos os tipos de perda da planta e as separa por categoria (custos, equipamento rotativo, etc.) (ALMADA, 2006)

2.4.2.4. QUADRO DE ATIVIDADES

Ferramenta utilizada principalmente pela operação, um quadro de atividades apresenta o nome dos operários e as atividades por eles a serem desenvolvidas. É um ótimo suporte para a manutenção autônoma, lembrando os operários dos roteiros de lubrificação e limpeza que devem ser realizados. Deve ficar disponível na área com livre acesso para todos. (ALMADA, 2006)

2.4.2.5. ROTEIROS DE INSPEÇÃO

Os roteiros de inspeção são uma espécie de quadro de atividades dos equipamentos. Em um roteiro de inspeção, toda atividade, bem como a frequência e método que devem ser utilizados para executá-la, a ser realizada num equipamento deve ser identificada. É uma ferramenta extremamente visual. (ALMADA, 2006) Na figura 5 há um exemplo de roteiro de inspeção.

Figura 5 – Exemplo de roteiro de inspeção

PLANO DE LAVAGEM – DIA 07 DE AGOSTO DE 2010							
Máquina	**Controle**	**1º Turno**	**Status**	**2º Turno**	**Status**	**3º Turno**	**Status**
Colhedora	**A**	**LAVAGEM COMPLETA**		CX BOMBA + ELEVADOR		ELEVADOR	
	B	CX BOMBA + ELEVADOR		**LAVAGEM COMPLETA**		ELEVADOR	
	C	CX BOMBA + ELEVADOR		CX BOMBA + ELEVADOR		ELEVADOR	
	D	CX BOMBA + ELEVADOR		CX BOMBA + ELEVADOR		ELEVADOR	
Máquina	**Controle**	**1º Turno**	**Status**	**2º Turno**	**Status**	**3º Turno**	**Status**
Transbordo	**3**	**LAVAGEM COMPLETA**		---		---	
SMT	**4**	---		**LAVAGEM COMPLETA**		---	
Observações:							
PLANO DE LAVAGEM – DIA 08 DE AGOSTO DE 2010							
Máquina	**Controle**	**1º Turno**	**Status**	**2º Turno**	**Status**	**3º Turno**	**Status**
Colhedora	**C**	**LAVAGEM COMPLETA**		CX BOMBA + ELEVADOR		ELEVADOR	
	D	CX BOMBA + ELEVADOR		**LAVAGEM COMPLETA**		ELEVADOR	
	A	CX BOMBA + ELEVADOR		CX BOMBA + ELEVADOR		ELEVADOR	
	B	CX BOMBA + ELEVADOR		CX BOMBA + ELEVADOR		ELEVADOR	
Máquina	**Controle**	**1º Turno**	**Status**	**2º Turno**	**Status**	**3º Turno**	**Status**
Transbordo	**5**	**LAVAGEM COMPLETA**		---		---	
SMT	**6**	---		**LAVAGEM COMPLETA**		---	
Observações:							

Fonte: *(NEVES, 2011)*

2.4.2.6. CONTROLE VISUAL

O controle visual nada mais é do que a representação simplificada em campo dos parâmetros ideais a serem seguidos (ranges de operação, sentidos de rotação, etc.) (ALMADA, 2006)

Figura 6 - Exemplo de controles visuais em plantas

Fonte: *(NEVES, 2011)*

2.4.2.7. REGISTRO FOTOGRÁFICO E MUSEU NEGRO

O museu negro contém exemplos de problemas já resolvidos ou que precisam ser resolvidos. É um museu que existe para servir de exemplo para aprendizado e que mostra o que não se deseja dentro da planta. O registro fotográfico, por sua vez serve para suprir o museu negro e também para mostrar exemplos de boas práticas. (WILLMOTT e MCCARTHY, 2001)

2.4.2.8. INVESTIGAÇÃO DE CAUSAS RAÍZES: MÉTODO DOS CINCO PORQUÊS

O método dos cinco porquês é uma técnica utilizada na investigação de problemas para que a causa raiz possa ser encontrada e sanada. O método consiste em perguntar porque algo aconteceu e ao ter essa resposta, perguntar porque o motivo da primeira resposta aconteceu, e seguir com esse processo cinco vezes para chegar o mais fundo possível no problema. A seguir segue um exemplo para uma representação mais clara:

1. Porque a mistura reacional está fervendo? – Porque ela está superaquecida;

2. Porque ela está superaquecida? – Porque o fluxo de ar para resfriamento está insuficiente no momento;
3. Porque o fluxo de ar está insuficiente? – Porque o filtro de ar está obstruído;
4. Porque o filtro de ar está desobstruído? – Porque ninguém o limpou;
5. Porque ninguém o limpou? – Porque ninguém julgava que essa atividade fosse de grande importância no dia-a-dia. (WILLMOTT e MCCARTHY, 2001)

O método dos cinco porquês é fácil de ser executado e uma das investigações mais fáceis de serem ensinadas aos operários.

2.5. A OPERAÇÃO UNITÁRIA DE SECAGEM

A secagem, também chamada desidratação, é uma operação unitária muito comum onde quantidades controladas de calor e umidade são capazes de reduzir e até remover a umidade dos produtos (CAPEHART, 2007).

Durante um processo de secagem, a umidade move-se das regiões internas do produto para a atmosfera ao seu redor através de diversos mecanismos que variam de acordo com o produto secado e o estágio em que se encontra a secagem. No início da secagem, a água presente na superfície do produto é facilmente removida por evaporação e seguinte difusão do vapor d'água no meio. Conforme a umidade vai saindo deixando os poros superficiais vazios, forças capilares são capazes de puxar a água do centro do produto para a sua superfície dando continuidade ao processo de evaporação e difusão. É válido lembrar que como qualquer fenômeno de transporte natural, o sentido do fluxo de água vai do lugar mais úmido para o menos úmido, por isso é necessário um cuidado especial com a atmosfera onde a secagem é realizada, pois é a umidade desta atmosfera que irá determina o limite máximo de sua secagem (KUTZ, 2007).

Existem basicamente três tipos de secagem: a secagem térmica, a secagem a vácuo e a secagem a frio. Tanto a secagem a vácuo como a secagem térmica seguem o mecanismo de remoção de umidade via evaporação, enquanto a secagem a frio utiliza a sublimação. (ALBRIGHT, 2009)

Na secagem térmica, ar quente é usado como meio secador ao fornecer calor para o produto, aumentando sua temperatura e evaporando a umidade nele presente (KUTZ,

2007). Além do uso do ar como meio fornecedor de calor, onde são usados métodos de transferência de calor convectiva e condutiva, o fornecimento de calor também pode ocorrer por radiação ou micro-ondas, porém esses dois últimos casos são mais incomuns (ALBRIGHT, 2009).

Na secagem a frio, a umidade do produto é sublimada diretamente da fase sólida para a fase gasosa sob temperaturas e pressões reduzidas (abaixo da temperatura eutética e de uma pressão de 0,06atm). É um método de secagem mais caro porém que apresentar muitas vantagens na qualidade final do produto, evitando problemas comuns na secagem térmica onde pode ocorrer decomposição da estrutura, encolhimento e até reações indesejadas do produto. É o método mais indicado para produtos sensíveis à temperatura e muito utilizado na indústria alimentícia (KUTZ, 2007)

Por fim, a secagem a vácuo, que trabalha sob pressões reduzidas com produtos sensíveis à temperatura e ao contato com oxigênio. O uso de pressões negativas expulsa o oxigênio da atmosfera e diminui o ponto de ebulição da água (diminuição da pressão de vapor), tornando possível o trabalho sob temperaturas mais brandas. (BRALLA, 2007)

2.5.1. SECADORES

Secadores são os equipamentos que realizam a operação de secagem e podem ser classificados de diversas maneiras diferentes, conforme mostrado na tabela 2.

Tabela 2 – Critérios para a classificação de secadores e os tipos existentes.

Critério	Tipos
Modo de operação	Batelada ou contínuo*
Tipo de fornecimento de calor	Convecção*, condução, radiação, campos eletromagnéticos, combinação de meios de condução de calor.
	Intermitente ou contínuo*
	Adiabático ou não adiabático
Estado do produto no secador	Estacionário, agitado, disperso
Pressão de operação	Vácuo*
	Atmosférica

Tabela 2 - Critérios para a classificação de secadores e os tipos existentes. (continuação)

Meio de secagem	Ar*
	Vapor superaquecido
	Gases
Temperatura de secagem	Abaixo do ponto de ebulição da água*
	Acima do ponto de ebulição da água
	Abaixo do ponto de fusão
Movimento relativo entre o produto e o meio de secagem	Concorrente
	Contracorrente
	Fluxo misturado
Número de estágios	Singular*
	Diversos estágios
Tempo de residência	Curto (< 1 minuto)
	Médio (1 – 60 minutos)
	Longo (> 60 minutos)
Os itens demarcados com * são os tipos mais usados na indústria	

Fonte: (ALBRIGHT, 2009)

Como a variedade de secadores na indústria é enorme, esta seção só tratará dos principais tipos. (ALBRIGHT, 2009)

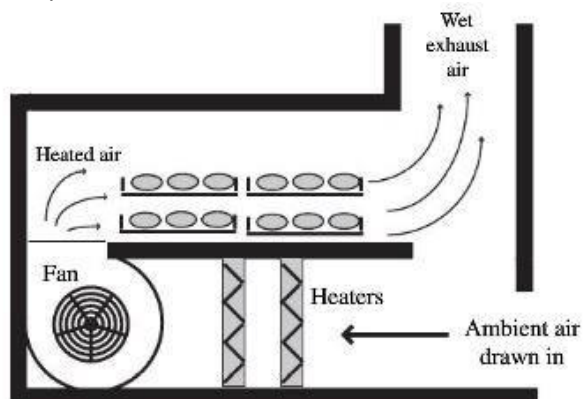
2.5.1.1. SECADOR DE AR QUENTE

Talvez o secador mais utilizado na indústria alimentícia, é composto por um sistema simples que contém um ventilador posicionado após um trocador de calor, onde o ventilador puxa o ar a temperatura ambiente, o ar é aquecido no trocador de calor e lançado em direção ao produto arrastando a umidade consigo e sendo expulso pelo topo. Este é um ciclo que trabalha com temperaturas e teor de umidade atmosférica constantes. A figura 7 ilustra o esquema de funcionamento deste tipo de secador (KUTZ, 2007)

2.5.1.2. SECADOR DE BANDEJAS

É um secador que trabalha em processo batelada, onde uma pilha de bandejas é confinada em uma câmara com um ventilador para circulação de ar e ventoinhas para injeção de ar quente. Os produtos a serem secos são dispostos pelas bandejas e o ar, com

auxílio do ventilador, circula dentro da câmara para remoção da água. É um processo de secagem longo, mas muito utilizado. (ALBRIGHT, 2009)

Figura 7 – Exemplo de secador de ar quente, onde o ar é atraído pelo ventilador, passa pelos trocadores de calor e seca os produtos.

Fonte: *(KUTZ, 2007)*

É possível, com certo investimento, transformar um secador de bandejas num processo contínuo através da instalação de prateleiras móveis que recebem o produto molhado no topo do secador e vão se locomovendo ao redor de um eixo central até o fundo do secador, onde descarregam o produto. Esse tipo de secador pode ser chamado também de secador turbo a figura 8 ilustra um secador de bandejas e um turbo secador (ALBRIGHT, 2009)

2.5.1.3. SPRAY DRYER

O spray dryer é um secador utilizado para a secagem de pastas úmidas em pequenas partículas sólidas constituído de uma bomba de alimentação, um atomizador, um aquecedor de ar, uma câmara de secagem e meios para coletar os pós que possam ser passados para o sistema de exaustão. Numa operação típica, a pasta é bombeada para dentro do atomizador que gira sobre uma alta velocidade e transforma a pasta em pequenas partículas (o tamanho da partícula depende da velocidade do bombeamento e do tamanho do orifício de saída do atomizador); as pequenas partículas são geradas pelo atomizador dentro da câmara, onde ar aquecido vindo do aquecedor de gás entra em contracorrente com as partículas secando-as. (KUTZ, 2007)

Figura 8 – (a) Esquema de um secador de bandejas (b) adaptação do secador de bandejas em um secador turbo

(a) (b)

Fonte: *(ALBRIGHT, 2009)*

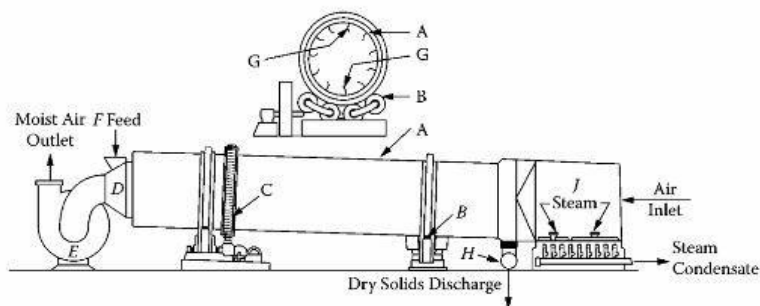
Existem diversas variações de operação do spray dryer e de atomizadores que não cabem a descrição neste trabalho, mas é interessante ressaltar que todas elas trabalham sobre regime contínuo, com um baixo tempo de residência e muitos com capacidade de remover até 50 toneladas/h de umidade. (KUTZ, 2007)

Figura 9 – Esquema de secagem em um Spray Dryer

Fonte: *(KUTZ, 2007)*

2.5.1.4. SECADOR ROTATIVO EM CASCATA

Os secadores rotativos são contínuos e muito úteis com pós, pois promovem uma secagem mais rápida e homogênea (KUTZ, 2007). Este secador apresenta uma leve inclinação de poucos graus para facilitar o transporte do pó por gravidade. Nele o produto úmido entra no topo da parte mais elevada e o produto seco sai no fundo da parte mais baixa, onde o processo de secagem é feito através da entrada de ar quente em contracorrente ao fluxo do produto. É um equipamento que trabalha sobre altas temperaturas e com um tempo de residência médio (de 10 a 60 minutos). Para se ter altas temperaturas, este tipo de secador permite que além da entrada de ar quente, haja o aquecimento externo do casco e interno do eixo do agitador. Além disso, os secadores rotativos permitem diferentes designs internos de agitadores e eixos, funcionando muitas vezes como algo além de um simples secador (ALBRIGHT, 2009)

Figura 10 - Esquema de um secador rotativo em cascata e sua seção mostrando a parte interna do secador. O casco (A) é girado pelos rolos (B).

Fonte: *(ALBRIGHT, 2009)*

“Secadores rotativos em cascata são muito flexíveis, muito versáteis e encaixam-se perfeitamente para atender altas demandas. Como lado negativo, eles são menos eficientes e demandam de um alto capital para sua instalação e manutenção” (ALBRIGHT, 2009)

2.5.1.5. SECADOR ROTATIVO A VÁCUO

Os secadores rotativos a vácuo também conhecidos como RVD’s (*Rotary Vacuum Dryers*) possuem um design horizontal e com um eixo central muito semelhante aos secadores rotativos em cascata, porém os dois possuem pouquíssimas semelhanças. O RVD possui um eixo somente para agitação e não para transporte como no outro tipo, além de não ser inclinado. O RVD opera sobre processo batelada devido à dificuldade de manter o

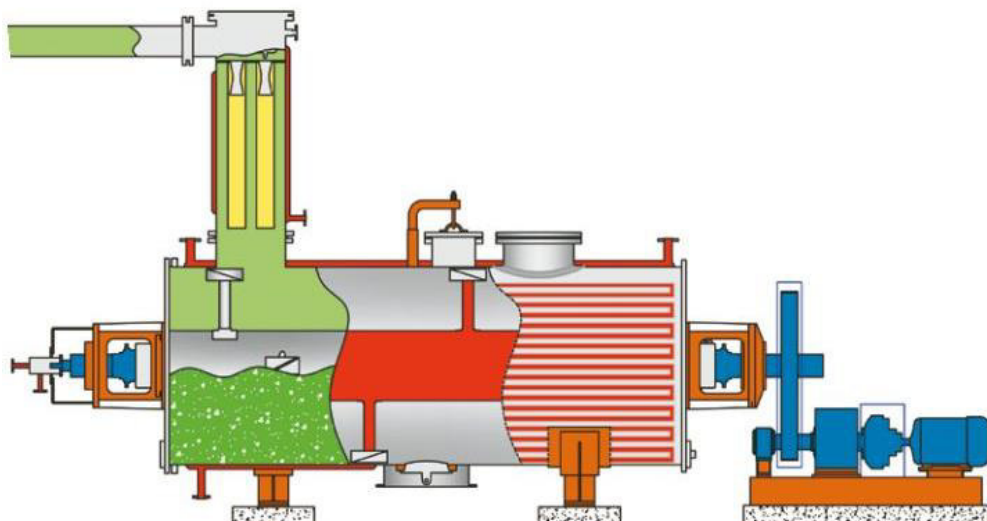
vácuo interno na câmara durante o processo de carregamento e descarregamento (ALBRIGHT, 2009).

No sistema do RVD, existem basicamente 3 pontos de ligação com a atmosfera: o bocal de carregamento, bocal de descarregamento e uma saída interligada ao sistema gerador de vácuo, onde é essencial para uma boa eficiência de secagem que esses pontos estejam isolados e vedados na hora da secagem. (ALBRIGHT, 2009)

No RVD a troca térmica não é realizada a partir da entrada de ar quente, mas sim por aquecimento de todo o sistema. Tal aquecimento é feito por vapor revestindo a camisa do secador e no interior eixo. (KUTZ, 2007)

Como desvantagens, o RVD apresenta um tempo de secagem longo e um tempo morto muito grande devido a geração e quebra do vácuo que leva certo tempo. Como vantagem, possibilita a secagem de produtos sensíveis à temperatura e oxigênio, trabalhando numa atmosfera muitas vezes inerte. (KUTZ, 2007)

A figura 11 ilustra um RVD um pouco diferente do existente na planta de Dithane em Jacareí.

Figura 11 - Esquematização de um RVD. A parte azul representa o motor e o sistema de rotação do eixo. As pequenas serpentinas vermelhas representam o aquecimento da camisa e o eixo em vermelho também é aquecido.

Fonte: www.dalalegineering.com

2.5.1.5.1. MÉTODOS DE GERAÇÃO DE VÁCUO

Trabalhar com sistemas sob vácuo é uma situação muito comum na indústria, uma vez que essa condição de trabalho pode ser vantajosa dependendo do produto com que se trabalha. Para gerar vácuo são utilizados dois dispositivos diferentes: bombas de vácuo e ejetores. Os ejetores normalmente apresentam um custo de investimento e manutenção pequenos, porém um custo de operação elevado quando comparados com as bombas. Enquanto isso, as bombas que exigem um investimento maior, são mais eficientes na produção de vácuo e sua utilização nos dias de hoje é mais viável do que os ejetores. (MINTON, 1986)

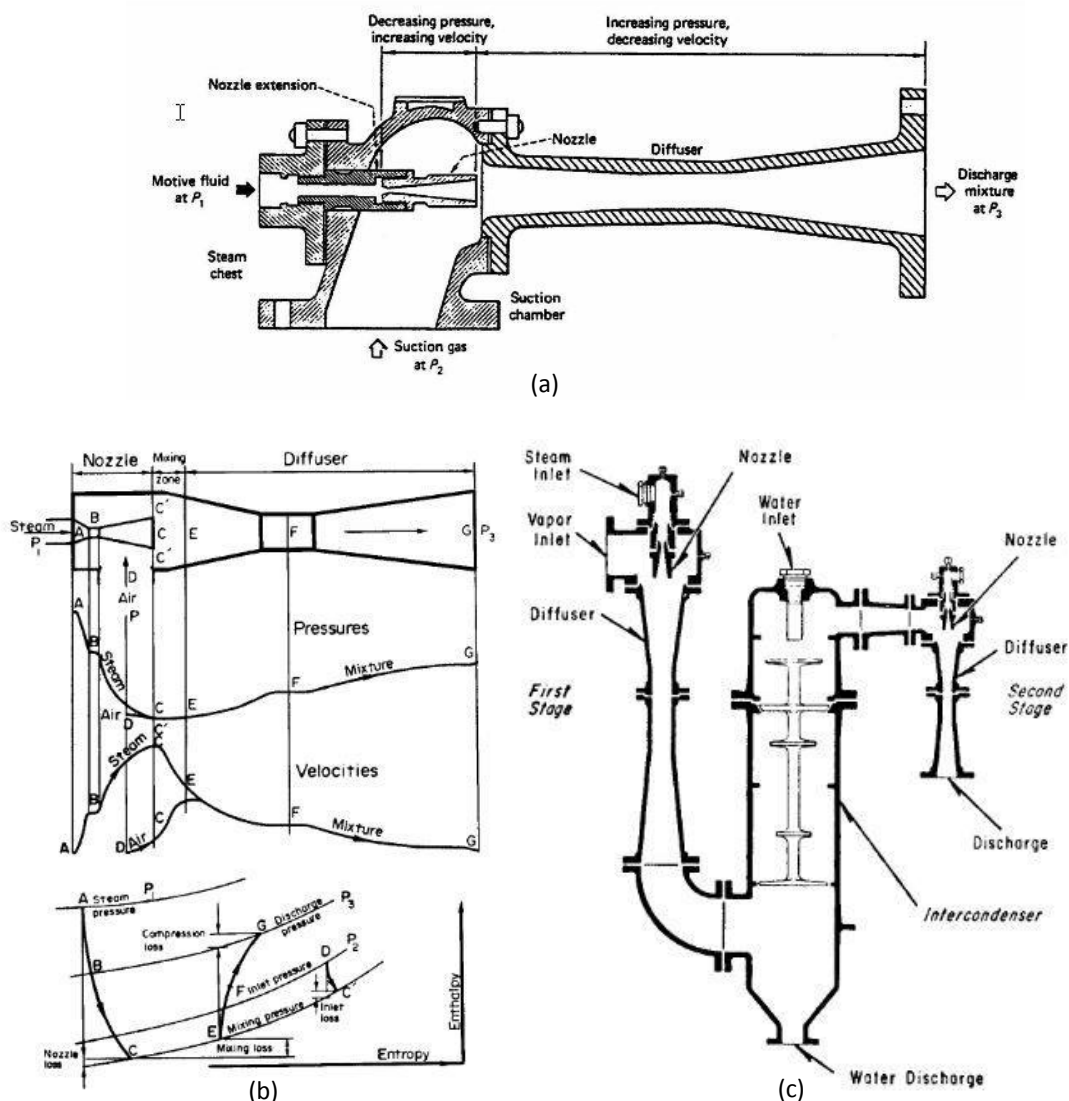
2.5.1.5.1.1. SISTEMA DE EJETORES

Um ejetor trabalha com a formação de vácuo a partir do arraste de fluidos pela expansão rápida de um gás de arraste. Ele pode ser dividido em três partes, um bico injetor do gás de arraste, uma câmara de mistura e um difusor. Para seu funcionamento, um fluido, normalmente vapor, em condições de alta pressão, é acelerado a uma alta velocidade dentro do bico injetor (indicado como *nozzle* na figura 12) ao expandir através das seções convergentes e divergentes do bico injetor. Nesta fase de expansão, a energia potencial do vapor (pressão) é transformada em energia cinética e dá velocidade ao vapor. Este vapor, agora em alta velocidade, é introduzido na câmara de mistura arrastando os gases que ali presentes e formando o vácuo. (MINTON, 1986)

Como a mistura formada entre o vapor de alta pressão e os gases arrastados apresenta uma alta velocidade (muitas vezes próxima da sônica) a saída da câmara de mistura deve ser ligada em a um difusor (tubo de Venturi), onde a energia cinética da mistura é transformada novamente em energia potencial (a velocidade do sistema é reduzida enquanto a pressão aumenta), e logo em seguida a mistura deve ser purgada. (BOLMEN JR., 1998)

Para o dimensionamento de um ejetor, é necessário saber a taxa com que os gases da atmosfera sujeita ao vácuo deverão ser removidos, entretanto, a eficiência desses equipamentos é muito baixa, tornando necessário o dimensionamento de um sistema de ejetores em multi-estágio. Os sistemas multi-estágio são utilizados quando se necessita de

pressões mais baixas e podem ser montados de diferentes formas. Uma delas é utilizar ejetores em série seguindo o mesmo processo de arraste, ou então usando condensadores para lavar os gases e o vapor, aumentando ainda mais o arraste e consequentemente o vácuo. (COUPER, PENNEY, *et al.*, 2012).

Figura 12 – (a) Representação de um ejetor simples com indicação do bico injetor, a câmara de mistura e o difusor; (b) perfil das velocidades e pressões nas diferentes partes de um ejetor; (c) representação de um sistema de ejetores multi-estágios interligado com um condensador barométrico

Fonte: *(BOLMEN JR., 1998)*

2.5.1.5.1.2. BOMBAS DE VÁCUO

As bombas de vácuo são mais eficientes do que os ejetores e também podem ser usadas em série ou em paralelo. O princípio de funcionamento destas bombas, ao contrário do que muitos imaginam, não se baseia na atração das moléculas de gases pelo movimento

do rotor da bomba. O que acontece é que no sistema que é colocado na condição de vácuo há gases com movimento livre e que ocasionalmente se dirigem até o local onde a bomba está ligada ao sistema. Ao se adentrar na bomba em movimento, esses gases são aprisionados pelo equipamento rotativo e têm seu fluxo direcionado para fora do sistema. Ou seja, em poucas palavras, uma bomba de vácuo é um equipamento que aprisiona ou direciona qualquer molécula de vapor ou gás que entra em contato com ela, impedindo o retorno de tais moléculas para o seu local de origem. (MATTOX, 2010)

As bombas de vácuo, assim como as bombas de transporte de fluidos, possuem diversos modelos e tipos diferentes, cada um indicado para uma determinada condição de operação. Não convém neste texto detalhar cada um desses tipos, só explicar o básico de cada um.

- As bombas de deslocamento positivo trabalham com o princípio de capturar, comprimir e expelir as moléculas de gás para fora do sistema;
- As bombas rotativas direcionam o fluxo das moléculas de gás para fora do sistema;
- As bombas de absorção capturam e prendem as moléculas de gás para si. (MATTOX, 2010)

2.5.2. O PROCESSO DE SECAGEM NA PLANTA DE DITHANE

A planta de estudo desta monografia trabalha com a operação unitária de secagem em um RVD com duas casas de filtro (dispositivos de ligação ao sistema gerador de vácuo) e formação de vácuo por sistema de ejetores. Para a geração de vácuo, são utilizados cinco ejetores (um grande e quatro pequenos) interligados num sistema com dois condensadores para aumento da eficiência do arraste de gases. (Informação verbal)[2]

As casas de filtro são fundamentais no processo, pois além de conectar o RVD com o sistema gerador de vácuo, elas filtram as partículas finas de Dithane para que elas não sejam lançadas na atmosfera, e funcionam como caminho para a entrada de N_2 dentro do RVD (no processo é necessário quebrar o vácuo suavemente em um determinado intervalo de tempo para que a secagem seja eficiente). As casas de filtro deste RVD possuem em seu interior uma estrutura com mangas, as grandes responsáveis pela retenção de finos. Na

[2] Citado por Bárbara Cristina Perrella em Jacareí, 2014

estrutura que sustenta as mangas, existe um vibrador movido a base de ar comprimido que vibra em intervalos de tempo para que o pó acumulado nas mangas possa se desprender do filtro. (Informação verbal) [3]

Além disso, uma outra particularidade deste RVD é que seu eixo possui pás que além de agitar, também moem o pó e contribuem para a qualidade final do produto. (Informação verbal) [4]

[3] Citado por Bárbara Cristina Perrella em Jacareí, 2014
[4] Citado por Bárbara Cristina Perrella em Jacareí, 2014

3. METODOLOGIA

3.1. IMPLEMENTAÇÃO DO PILAR DA MANUTENÇÃO AUTÔNOMA

Os RVD's da planta de Dithane possuem um grande histórico de falhas devido a ineficiência do equipamento, muitas vezes causada por vácuo deficiente, impactando fortemente na capacidade produtiva da planta e aumentando os gastos com manutenção e perda de produção.

Foi avaliado previamente que muitas das falhas ocorridas no RVD podem ser contornadas se identificadas previamente e tomadas as ações necessárias. Para eliminar essas perdas, pretende-se implementar o TPM na planta de Dithane para que as perdas de produção devido a falha de equipamentos sejam eliminadas. Como o TPM é uma filosofia que demora anos para se consolidar, este trabalho conteve-se em implementar somente o pilar da manutenção autônoma na área produtiva dos RVD's, funcionando como o marco zero do TPM e como uma ferramenta para atuar em um dos gargalos da planta de Dithane.

3.2. METÓDOS E PARÂMETROS ADOTADOS

O método de pesquisa utilizado neste trabalho foi a metodologia de pesquisa-ação, que tem como objetivo identificar, equacionar e resolver os problemas de uma organização através da troca de saberes entre pesquisadores e profissionais da organização. (NUNES e INFANTE, 1996)

A metodologia pesquisa-ação busca desenvolver técnicas e conhecimentos necessários ao fortalecimento das atividades desenvolvidas dentro de uma empresa. Nela, os pesquisadores utilizam dados da própria organização, valorizam o saber e a prática diária dos profissionais envolvidos e aliam-se aos seus conhecimentos teóricos e experiências próprias para desenvolver um plano de ações que deve melhorar o processo de trabalho dentro da empresa. (NUNES e INFANTE, 1996)

Neste trabalho, o modo de operação dos RVD's na planta de Dithane juntamente com todo o seu histórico de falhas foram os objetos de estudo da parte de pesquisa da pesquisa-ação. Enquanto isso, o TPM foi a ação encontrada pelo autor para eliminar a existência de alguns pontos deficientes do processo. Para analisar a efetividade do

trabalho, foram comparadas as perdas de produção relacionadas aos RVD’s dos anos de 2011 e 2012 com as perdas de 2013 e 2014.

Para melhorar as análises, escolheu-se o tempo médio diário dos lotes produzidos em cada RVD como parâmetro para a análise de tendências de falhas.

3.3. ESTUDOS PRELIMINARES

Antes de implementar as mudanças necessárias, este projeto previu que estudos aprofundados e multidisciplinares fossem realizados. Ao final de cada um deste estudos, os aprendizados obtidos eram listados, os problemas identificados e um plano de ações era gerado para identificar as soluções dos problemas e os próximos pontos a serem estudados.

3.3.1. ESTUDO DO TPM

O projeto de implementação do pilar da manutenção autônoma no setor dos RVD’s tentou seguir os oito passos citados por Almada (2006).

O marco zero do projeto foi seguir o previsto na fase de preparação e formar um pequeno grupo que funcionasse como focal point do TPM na fábrica. Este grupo, formado pela engenheira de confiabilidade da planta, um estagiário e um membro da operação, ficou responsável em estudar o TPM a fundo, para conhecer melhor a filosofia e encontrar as melhores alternativas possíveis para implementa-la na fábrica. Ao fim desta fase foi previsto que os membros do grupo fossem capazes de explicar a qualquer pessoa da fábrica, o que era, para que servia e porque o TPM deveria ser implementado na planta.

O estudo que o grupo realizou baseou-se em diversas fontes citadas na revisão bibliográfica deste trabalho.

3.3.2. CONHECER O FUNCIONAMENTO DO RVD

Após um aprofundamento dos conceitos de TPM por parte membros do time, fez-se um estudo teórico sobre o funcionamento de um secador rotativo a vácuo e seguido de um levantamento sobre todo o histórico de falhas apresentado pelos RVD’s, consultando fontes multidisciplinares da fábrica.

Julgou-se importante entender quais eram a condições ideias de operação dos secadores, como eles eram operados na prática, quais eram as variáveis de controle e quais eram os parâmetros seguidos pela operação.

Os estudos se iniciaram na literatura através de fontes como Albright (2009); Kutz (2007) e Minton (1986), para a obtenção de conceitos sobre secadores rotativos a vácuo e geração de vácuo através do arraste de gases em ejetores. Em seguida, consultou-se os procedimentos operacionais, engenheiros e operadores mais experientes da fábrica para entender as particularidades e os parâmetros de controle e qualidade que os equipamentos em campo apresentam.

3.3.3. ENCONTRANDO O HISTÓRICO DE FALHAS DO RVD

Após a primeira fase do levantamento de informações sobre os RVD's, foi hora de conhecer todo o histórico de falhas destes equipamentos. O primeiro passo tomado foi entrevistar novamente os operadores e engenheiros da planta para saber quais eram os problemas relacionados aos RVD's que eles estavam acostumados a lidar no dia a dia da planta. Em seguida, procurou-se documentos oficiais da fábrica que possuíssem dados relevantes do processo.

3.4. DESENVOLVIMENTO DE SOLUÇÕES

Com os conceitos do TPM e do funcionamento do RVD consolidados e os dados de processo levantados em mãos, a etapa de "Preparação" prevista por Almada (2006) na implementação da manutenção autônoma foi concluída. Para cumprir os quatro próximos passos citados na bibliografia (limpeza e inspeção inicial; eliminação de fontes de sujeira; elaboração de padrões provisórios de limpeza; inspeção geral dos equipamentos), foi previsto o desenvolvimento de soluções para os problemas encontrados e novos padrões capazes de melhorar as condições de operação dos secadores.

Para cumprir essa previsão, tomou-se base nos conceitos do 5S e tirou-se proveito das ferramentas de árvores de perdas, roteiros de inspeção e lições ponto a ponto. Juntas, essas ferramentas serviram como base para a implementação da investigação de causas raízes.

3.4.1. CONSTRUINDO UMA ÁRVORE DE PERDAS

Com o levantamento do histórico de falhas dos RVD's concluído, um levantamento de quais foram as falhas mais frequentes e quais causaram perdas mais significativas teve de ser feito. Estas perdas foram identificadas em um mapa visual para facilitar a vida dos operadores na identificação de possíveis perdas. A intenção desta ferramenta era também servir como material de aprendizado para muitos operários da fábrica.

3.4.2. CRIAÇÃO DE ROTEIROS DE INSPEÇÃO

Para servir como suporte das ferramentas visuais, a utilização de roteiros de inspeção foi a alternativa escolhida para identificar e combater condições anormais de operação.

3.4.3. DESENVOLVIMENTO DE LIÇÕES PONTO A PONTO

Desenvolveu-se os três tipos de lição de um ponto previsto pela bibliografia (conhecimento básico, casos de melhoria e casos de problemas). Entendeu-se que a criação de documentos práticos e simples, trariam muitos benefícios para qualquer pessoa da planta (desde operários até engenheiros).

No desenvolvimento dessas lições, os conhecimentos obtidos sobre o funcionamento teórico de um secador a vácuo e a forma como eram operados os RVD's na fábrica serviriam como base para as lições de conhecimento básico. As lições com casos de problema por sua vez, deveriam ser baseadas no histórico de falhas levantado no item 3.3.3.

O desenvolvimento de lições de um ponto de casos de melhoria foi previsto somente se alguma solução inovadora fosse encontrada ao longo do trabalho.

3.5. COLETA DE DADOS

Na planta de Jacareí existe uma planilha que contabiliza a produção diária e o número de horas que algum equipamento ficou parado impactando a produção. Esta planilha serviu como principal base para o impacto dos RVD's na produtividade da planta Dithane. Para comparar, o antes e o depois, contabilizou-se o total de produto perdido em

2011, 2012, 2013 e primeiro semestre de 2014, e dentro destas perdas, identificou-se quais foram causadas por falhas dos RVD's.

Além da redução das perdas de produção, outro *drive* de sucesso do projeto foi a redução dos tempos de lote dos secadores. Para medir isso, uma planilha com o controle diário do tempo médio dos lotes foi criada, para acompanhar a evolução dos lotes ao longo da operação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. FASE 1: ESTUDOS PRELIMINARES (FILOSOFIA E PROCESSO)

Nesta fase, após conhecer a fundo o TPM juntamente com a experiência de dia a dia de planta adquirida pelo autor ao longo das pesquisas, chegou-se à conclusão que a implementação do TPM encontraria sua maior barreira na mudança de cultura dos operadores, pois muitos trabalham na fábrica há mais de 20 anos e estavam muito acostumados a uma rotina de operação não-ideal e a resultados obtidos pelos RVD's que o time avaliava como passíveis de melhorias.

Sabendo que muitas dificuldades seriam encontradas, foi decidido não envolver todos os membros do time operacional para conhecer os conceitos de TPM, sem antes desenvolver um material de qualidade para treinamento. Este material foi desenvolvido a partir dos passos previstos na metodologia e dos conceitos de ferramentas visuais do TPM.

4.1.1. CONHECENDO O FUNCIONAMENTO DO RVD

A fase de estudos sobre o RVD foi iniciada pela literatura. Em seguida foram feitas visitas à planta, consultas aos procedimentos operacionais, aos engenheiros e aos operadores mais experientes da fábrica para entender as particularidades e os parâmetros de controle e qualidade que os equipamentos em campo apresentavam. Como resultado deste estudo, registrou-se os seguintes pontos:

- A pressão interna do RVD é a principal variável de controle do processo, onde é acompanhada através de um gráfico "pressão vs. tempo" que é atualizado a cada segundo nos computadores da sala de controle. Um fato curioso é que além do valor de pressão, que circula entre os valores de 60 até 30mmHg absoluto, o perfil formado pelo gráfico é um parâmetro muito analisado pelos operadores e uma fonte gigantesca de informação para aqueles que dominam a operação do RVD.
- Um acompanhamento da temperatura interna dos equipamentos também é realizado.
- A automação nos RVD's é precária, de tal forma que o fator humano influencia muito no desempenho destes equipamentos.

- Cada um dos RVD’s, desde o início de sua operação na década de 1960, apresentam desempenhos diferentes (um sempre teve tempos de secagem menores que o outro), muito provavelmente por particularidades na fabricação de cada um deles.
- Além de secarem, os RVD’s também diminuem o tamanho das partículas de Dithane ao longo do lote, sendo equipamentos essenciais para a boa qualidade do produto.
- A produção da fábrica é contabilizada a partir do número de lotes que os RVD’s produzem em um dia, uma vez que após a secagem realizada neles, o produto vai direto para o sistema de envase.

Este estudo já foi capaz de identificar possibilidades de melhorias, na qual a principal foi a falta de parâmetro para finalização do lote. Percebeu-se que, embora os operadores controlassem os lotes via perfil de pressão (vácuo), não havia nenhum valor definido que servia de parâmetro para finalização do lote (era definido que o valor final de pressão deveria ser menor que o valor inicial, entretanto isso era muito relativo). Aqui foi gerada a primeira ação: estipular um valor plausível para finalização de lote em cada um dos RVD’s.

Para realizar essa primeira ação, tentou-se entender com a engenheira de produção porque não existia nenhum valor de finalização de lote estipulado. Descobriu-se então que já existia uma ação para a estipular este valor que ainda não havia sido executada. Foi definido então que a melhor maneira de se definir esse valor seria: consultar a opinião dos operadores e em paralelo, fazer um levantamento com dados de processo. Primeiramente, todos os operários que operam o RVD foram indagados se havia e qual era o valor que cada um deles costumava finalizar o lote. Em seguida consultou-se as folhas de acompanhamento de processo dos RVD’s (documentos que ficam retidos na fábrica e que contêm as informações de processo de cada lote dos RVD’s) e foi feito um comparativo “vácuo final do RVD x operador” em um período de 30 dias. Após esses dois levantamentos, todos os dados obtidos foram comparados, onde notou-se que muitos deles eram próximos, enquanto uma minoria destoava muito. Definiu-se então dois valores (próximos aos dados fornecidos pela maioria dos operários) de finalização de lote: um para cada RVD, tendo em vista que cada um deles apresenta desempenhos diferentes. Como resultado desta melhoria, os tempos de lotes nos RVD’s passaram a ter um padrão e conseguiam ser comparados mais facilmente.

4.1.2. CONHECENDO O HISTÓRICO DE FALHAS DO RVD

Com a primeira melhoria já implementada, voltou-se a estudar os RVD's, agora buscando conhecer por completo o histórico de falhas destes secadores. Nesta etapa foram levantados diversos pontos que um dia falharam e prejudicaram o desempenho de cada RVD. Estes pontos, presentes no secador e no sistema gerador de vácuo, resultavam numa dificuldade na manutenção do vácuo no interior dos RVD's, consequentemente aumentando os tempos de lote e comprometendo a qualidade do produto e o planejamento da produção.

Dentre os pontos encontrados neste estudo, 12 tiveram destaque. São eles:

1. Vazamento em válvula manual utilizada para equalização de pressão do interior da câmara de secagem com a atmosfera;
2. Vazamento pelo eixo através de má vedação pela gaxeta;
3. Mau funcionamento dos ejetores;
4. Vazamento ou falta de suprimento de água nos condensadores barométricos ligados ao sistema de ejetores;
5. Vazamento por válvula de respiro localizada na ligação entre os secadores e o sistema de ejetores;
6. Vazamento pelos parafusos do fundo das casas de filtro*;
7. Vazamento pelo topo das casas de filtro;
8. Vazamento pelos parafusos das laterais dos RVD's (tampa);
9. Queda ou obstrução dos filtros manga localizados no interior das casas de filtro;
10. Rompimento de um flexível no interior das casas de filtro;
11. Danos na válvula rotativa de carregamento dos RVD's (carregamento de produto);
12. Danos nas válvulas de descarregamento dos RVD's.

Identificados os problemas, uma nova ação pode ser gerada: encontrar as causas raízes, um modo de identifica-las e resolvê-las rapidamente. Iniciou-se a fase 2 do projeto.

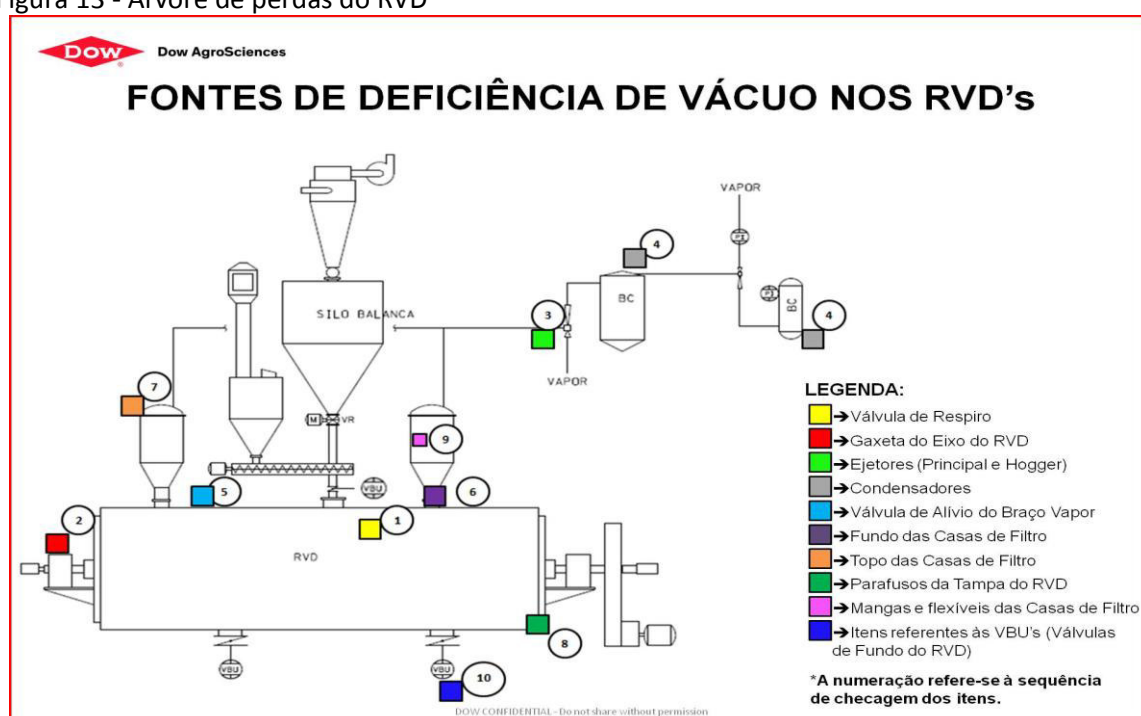
4.2. FASE 2: ENCONTRANDO SOLUÇÕES PARA OS PROBLEMAS IDENTIFICADOS

Para realizar a resolução dos problemas identificados de maneira organizada, criar um roteiro de inspeção e uma árvore de perdas do RVD foi a ação identificada como melhor

saída. No desenvolvimento destas duas ferramentas, todos os pontos de falha levantados no item 4.1.2 foram listados e ordenados conforme a frequência com que apareciam no histórico.

Para o roteiro de inspeção, visando a criação de atividades simples e rápidas de serem executadas, foi feito um comparativo extra entre “*frequência X facilidade de verificação*” de cada uma das falhas. Este segundo comparativo ordenou os pontos de falha mais fáceis de serem identificados dando destaque também aos mais frequentes. Por sorte, os pontos de falha dos RVD’s mais frequentes eram superficiais, sendo também os mais facilmente identificáveis. Com esse levantamento, a lista de pontos de falhas passou a mostrar também a prioridade com que cada problema deveria ser mitigado.

A lista de prioridades criada durante o desenvolvimento do roteiro de inspeção foi utilizada como base para a árvore de perdas. Sabendo quais eram as atividades mais críticas, foi desenvolvido um desenho esquemático do RVD, representado na figura 13, indicando com números e cores todos os pontos de falha. Os números indicavam qual era a sequência que deveria ser seguida numa eventual “caça às perdas de vácuo” e as cores relacionavam o problema à sua respectiva lição ponto a ponto com a forma de como ele poderia ser investigado ou sanado.

Figura 13 - Árvore de perdas do RVD

Fonte: Elaborado pelo autor

Embora a lista de prioridades tenha ajudado muito no desenvolvimento da árvore de perdas, ela não foi suficiente para a elaboração completa de um roteiro de inspeção, uma vez que não havia uma especificação da forma de como os pontos de falha devem ser inspecionados. Para finalizar o roteiro de inspeção, foi necessário interromper o desenvolvimento desta ferramenta e começar a estudar cada um dos pontos levantados, encontrando padrões para inspeção e resolução de problemas. Criar lições de um ponto foi a saída escolhida para encontrar novas soluções.

4.2.1. CRIANDO LIÇÕES PONTO A PONTO

Foram cinco as lições de um ponto desenvolvidas neste projeto, cada uma abrangendo um ponto específico e com uma cor indicativa que a relacionava com um ponto na árvore de perdas. A maioria das lições eram de casos de problemas ou de conhecimento básico, mas uma delas foi de um caso de melhoria desenvolvido por este trabalho. Todas as lições de um ponto desenvolvida neste trabalho estão no Apêndice B.

4.2.1.1. LIÇÃO PONTO A PONTO: VÁLVULA DE RESPIRO

Lição que trata de um caso de problema, este documento abrangeu os problemas: *vazamento em válvula manual utilizada para equalização de pressão do interior da câmara de secagem com a atmosfera* e vazamento por válvula de respiro localizada na ligação entre os secadores e o sistema de ejetores levantados no item 4.1.2, fornecendo solução idêntica a ambos os problemas.

Ponto de falha número 1 segundo lista desenvolvida no item 4.2, as válvulas de respiro do RVD (figuras 14 e 15) são pequenas válvulas localizadas na extremidade da tubulação que liga o interior do RVD com o ar atmosférico. Esta tubulação existe para acelerar o processo de pressurização do RVD ao final de cada lote (quebra do vácuo). Durante a operação do RVD a válvula de respiro deve ser mantida fechada, do contrário, o ar atmosférico pode entrar no interior do RVD e prejudicar o desempenho do vácuo.

Figura 14 Válvula de respiro que liga o RVD à atmosfera

Fonte: Autor

Figura 15 - Válvula de alívio do braço de vapor

Fonte: Autor

Segundo a experiência dos operadores e dos engenheiros da fábrica, muitas vezes o corpo da válvula de respiro sofre erosão devido ao contato com o pó de Dithane no interior do secador. Ao longo do tempo, a erosão do corpo da válvula fica muito grande dando origem a um ponto de vazamento. Este problema é facilmente identificável, bastando apenas que o operador coloque a mão na extremidade da tubulação com a válvula fechada para verificar se não a formação de um vácuo. Por se tratar de uma válvula simples em uma tubulação de ½”, a lição propôs a troca desta válvula toda vez que um vazamento fosse detectado.

Além da válvula de respiro que liga o secador rotativo a vácuo com a atmosfera, existe no sistema do RVD outra válvula manual que pode ter seu corpo danificado e

prejudicar a manutenção de vácuo. Essa válvula é conhecida como válvula de alívio do braço de vapor, pois fica localizada na ligação entre as casas de filtro e os ejetores. Ela é usada para drenar esta tubulação de possíveis condensados quando o RVD fica parado por muito tempo. Embora ela não apresente a mesma frequência de falha que a válvula manual ligada diretamente ao RVD, esta válvula também apresentou falhas em algumas oportunidades na planta. O procedimento para identificação e resolução da falha desta válvula foi a mesma proposta para a outra válvula de respiro.

4.2.1.2. LIÇÃO PONTO A PONTO: AJUSTE DE GAXETAS

Único caso de lição de melhoria desenvolvida no trabalho, sua elaboração envolveu muita pesquisa.

O RVD presente na planta é extremamente antigo e o sistema de selagem do seu eixo extremamente obsoleto. Ao invés de possuir um selo mecânico, que garantiria uma selagem completa entre interior e exterior do equipamento, os eixos de ambos os RVD's são selados parcialmente por gaxetas. A presença de gaxetas nos RVD's é responsável por dois problemas:

1. Não isolar o sistema do RVD da atmosfera, permitindo um vazamento constante durante a operação. Embora constante, o vazamento não prejudica o desempenho do RVD sempre, somente quando a gaxeta está desajustada ou gasta. Quando a gaxeta está muito desgastada, é necessário para o RVD por cerca de duas horas para repor os anéis de gaxeta, atividade que já possui uma rotina de manutenção preditiva. Entretanto, a gaxeta possui uma vida útil e a cada 6 ou 7 meses o RVD tem que parar cerca de 10 horas para trocar o sistema de preme-gaxetas por completo. Embora provoquem perdas, estas atividades não podem ser evitadas, mas podem ser adiadas.
2. Para tentar contornar o problema de perdas pela gaxeta, a operação tinha o hábito de apertar as gaxetas nos intervalos entre todos os lotes, entretanto este aperto era errado. Normalmente os operários utilizavam força demais no aperto, "estrangulando" a gaxeta e diminuindo a vida útil destes anéis. Desta forma, o que era uma atividade para tentar remediar as perdas por reposição ou troca de gaxeta acabava acelerando o

acontecimento destas perdas. Aqui, foi identificado mais um ponto de melhoria: definir o torque correto para ajustar as gaxetas.

Para definir um valor correto de torque, um engenheiro mecânico especializado em eixos foi contatado. Este engenheiro pegou os desenhos das caixas de gaxeta, dos RVD's, o número de parafusos nela presentes, o material das gaxetas, o tamanho e velocidade de rotação do eixo e com estes dados realizou cálculos não divulgados para encontrar valores específicos de torque.

Figura 16 – Caixa de gaxetas do RVD na fábrica Dithane

Fonte: Autor

Com os valores de torque em mãos, providenciou-se um torquímetro, ferramenta manual para aperto de parafusos a determinado torque, preparou-se uma lição de um ponto ensinando como deveria ser feito o ajuste das gaxetas do RVD e disponibilizou-se o torquímetro para a operação.

A disponibilização do torquímetro para a operação visou aumentar a confiabilidade do aperto de gaxetas, tornando este aperto uniforme, melhorando o desempenho de vedação e evitando qualquer desgaste indevido que diminuiria a vida útil da gaxeta e consequentemente aumentaria a frequência de perdas de produção para trocar ou completar gaxetas.

Além do torque, mais uma melhoria relacionada a gaxetas foi identificada. Devido ao longo tempo de operação dos RVD's e a inúmeras disciplinas incorretas relacionadas a este equipamento, algumas partes dos RVD's estavam corroídas, entre elas o mancal do eixo. Devido a isso, as gaxetas que ficavam mais próximas do mancal eram desgastadas mais rapidamente. Para contornar este problema, foi colocada uma junta de Teflon entre a caixa de gaxetas e o RVD.

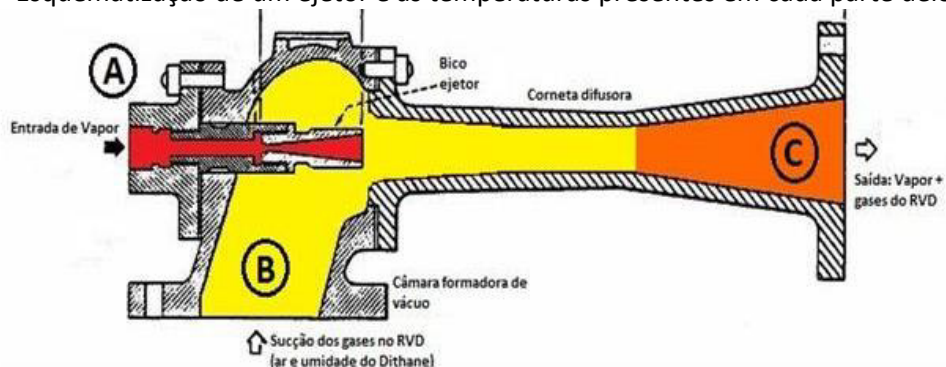
Juntas, estas duas melhorias refletiram na redução dos tempos de lote e na manutenção de bons tempos de lote por maior tempo (os secadores conseguiam manter o vácuo mais eficientemente e o desgaste das gaxetas diminuiu).

4.2.1.3. LIÇÃO PONTO A PONTO: SISTEMA FORMADOR DE VÁCUO

Conforme previsto no item 3.3.2, os operários da planta de Dithane foram entrevistados para realizar a troca de dados e informações prevista na pesquisa-ação. Durante essas entrevistas, notou-se que o conceito de funcionamento do sistema formador de vácuo por ejetores no RVD não era bem entendido pelos operadores. No geral, todos os operários sabiam que a geração do vácuo dependia da demanda de vapor para os ejetores e de água para os condensadores barométricos ligados a este sistema; contudo, ninguém entendia bem como funcionava este sistema. Em alguns casos, os operários entendiam que o sentido do fluxo da formação era contrário ao real.

Para consertar esta falta de conhecimento por parte de alguns membros da operação, desenvolveu-se duas lições ponto a ponto de conhecimento básico: uma explicando o funcionamento de um ejetor e outra explicando o funcionamento do condensador barométrico associado a um sistema de ejetores.

A lição dos ejetores, além de explicar o funcionamento de um ejetor, trazia também uma maneira prática de como identificar se algum destes equipamentos estava apresentando defeitos. Este diagnóstico pedia aos operadores que medissem as temperaturas de diferentes partes do ejetor, ensinando que cada trecho deve possuir uma temperatura diferente. A figura 17 exemplifica isso, a zona vermelha é a de maior temperatura, a laranja de temperatura intermediária e a amarela de menor temperatura.

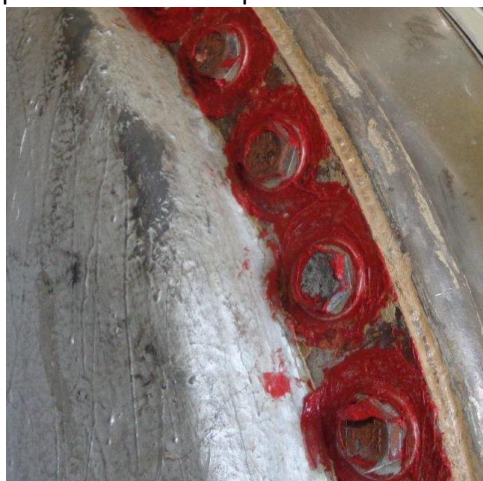
Figura 17 - Esquematização de um ejetor e as temperaturas presentes em cada parte dele

Fonte: *(BOLMEN JR., 1998)*, adaptado pelo autor

4.2.1.4. LIÇÃO PONTO A PONTO: PARAFUSOS DO SISTEMA

Um dos pontos que costuma trazer problemas de perda de vácuo nos RVD’s é o vazamento entre parafusos presentes em todo o sistema. No geral, os parafusos que mais apresentam vazamentos são os da tampa do RVD os localizados no fundo das casas de filtro.

Após avaliação, os vazamentos ocorridos através dos parafusos das tampas dos RVD’s não puderam ser eliminados por completo, devido a necessidade de um investimento muito grande que provavelmente não traria retorno financeiro suficiente para justificá-lo. A partir desta premissa, a solução encontrada foi indicar para a operação como encontrar os vazamentos nos parafusos e como mitigá-los. Este plano de mitigação, ilustrado na figura 18, baseou-se na aplicação de silicone de alta temperatura ao redor dos parafusos para aumentar a vedação.

De forma análoga aos parafusos da tampa do RVD, foi fornecida uma solução para os parafusos do fundo das casas de filtro e ambas soluções foram inseridas na mesma lição. Os parafusos do fundo das casas de filtro apresentam uma incidência de falha menor, causando bem menos problemas que os parafusos da tampa.

Figura 18 - Parafusos da tampa do RVD envoltos por silicone de alta temperatura

Fonte: Autor

4.2.1.5. LIÇÃO PONTO A PONTO: CASAS DE FILTRO

No início do trabalho, as casas de filtro eram uma das principais causas de falha nos RVD’s. Foi avaliado que a disciplina operacional relacionada a estes equipamentos era extremamente errada e muitas melhorias eram cabíveis.

A principal melhoria imposta nestes equipamentos foi desenvolvida após uma pesquisa em campo, onde notou-se que a disciplina de fechar as casas era extremamente deficiente. A tampa destes equipamentos é fechada através de parafusos que devem sofrer apertos em cruz, da mesma forma como é feito em flanges de tubulações. Nas visitas à planta, foi identificado que estes parafusos eram fechados manualmente e sem seguir nenhum padrão, fato que facilitava o vazamento pela tampa das casas de filtro. Além disso, a parte entre a tampa e o corpo da casa de filtro não tinha nenhum tipo de junta para vedação, ao invés disso, uma borracha era colocada entre as duas superfícies. Essa borracha não seguia padrão nenhum e também permitia vazamentos, então, para completar a vedação, os operadores tinham que passar silicone ao redor de toda a tampa da casa de filtro.

Esta disciplina operacional adotada durante o fechamento das casas de filtro (evento que acontecia semestralmente em paradas de manutenção), aumentava e muito o tempo de retorno à operação do equipamento, além de não vedar completamente as casas de filtro, permitindo vazamentos para o interior do sistema do RVD e consequentemente aumentando o tempo de lote.

Para solucionar estes problemas, propôs-se uma solução análoga à solução oferecida para as gaxetas: fornecer uma junta adequada para vedação e realizar cálculos para encontrar quais torques deveriam ser usados no fechamento das casas.

Além desta solução, o grupo *focal point* desenvolveu duas lições de identificação de problemas relacionadas às casas de filtro. Estas soluções envolvem alguns "segredos do processo" e não podem ser divulgadas. Contudo, vale ressaltar estas duas lições justificavam alguns sintomas que muitas vezes apareciam mas não eram bem entendidos pelos operários da planta. Sua criação simplificou a maneira de como encontrar esses dois problemas, acelerando as tomadas de decisão para resolvê-los

4.2.2. ROTEIRO DE INSPEÇÃO.

Com a árvore de perdas e as lições ponto a ponto prontas, foi possível desenvolver o roteiro de inspeção por completo. Este roteiro englobou todos os pontos presentes na árvore de perdas que, distribuídos na forma de tabela numa sequência idêntica à presente na árvore de perdas, eram listados com uma maneira de identificação do problema e possíveis alternativas para resolvê-lo. O roteiro de inspeção recebeu dentro da Dow o nome de FORM20 (formulário nº20) que deveria ser utilizado pela operação toda vez que um RVD ultrapasse um tempo limite de secagem. Este tempo era diferente para cada um dos RVD's devido a diferenças históricas entre os dois equipamentos.

4.3. EFEITOS DO TPM NAS PERDAS DE PRODUÇÃO

Para comparar o efeito da aplicação do TPM, fez-se um levantamento das perdas de produção totais da planta e da influência dos RVD's nestas perdas nos anos de 2011, 2012, 2013 e 2014. Neste levantamento, considerou-se como "perda de produção causada pelo RVD's" todo lote fora de especificação que tinha como causa raiz de seu defeito a má performance de secagem no RVD; todos os lotes que tinham uma extensão muito longa devido à deficiência de vácuo, impossibilitando que a secagem fosse realizada nos padrões de tempo aceitáveis pela planta; toda parada para manutenção corretiva e preventiva (minoria das vezes) dos secadores; toda falha de equipamento ou instrumento que atua no sistema dos RVD's. Os dados coletados estão representados no Apêndice A e no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Percentual anual de perdas causadas pelos RVD's em cada ano.

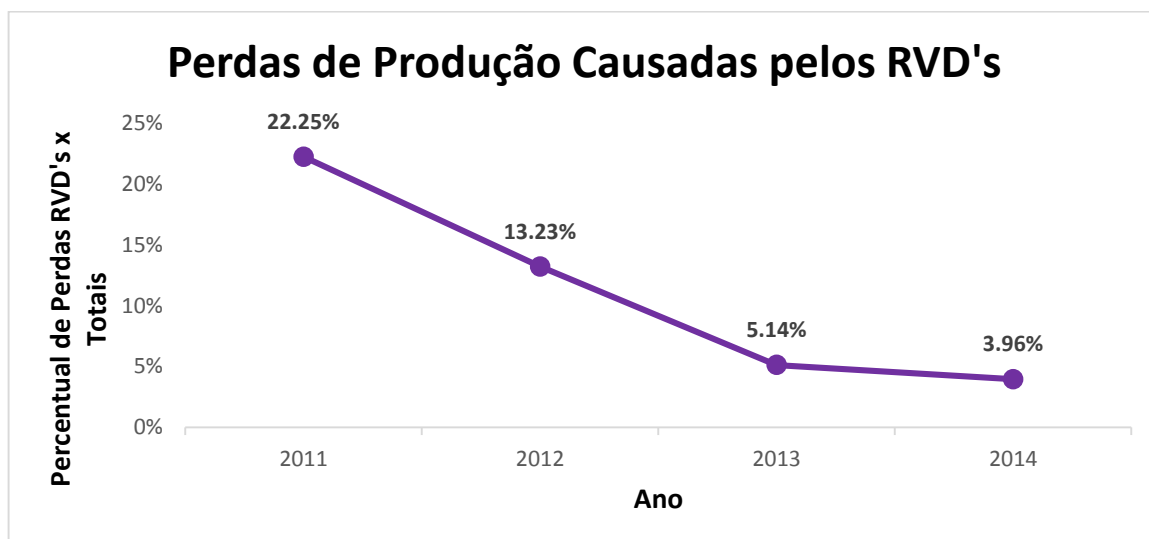
Perdas de Produção Causadas pelos RVD's

Percentual de Perdas RVD's x Totais

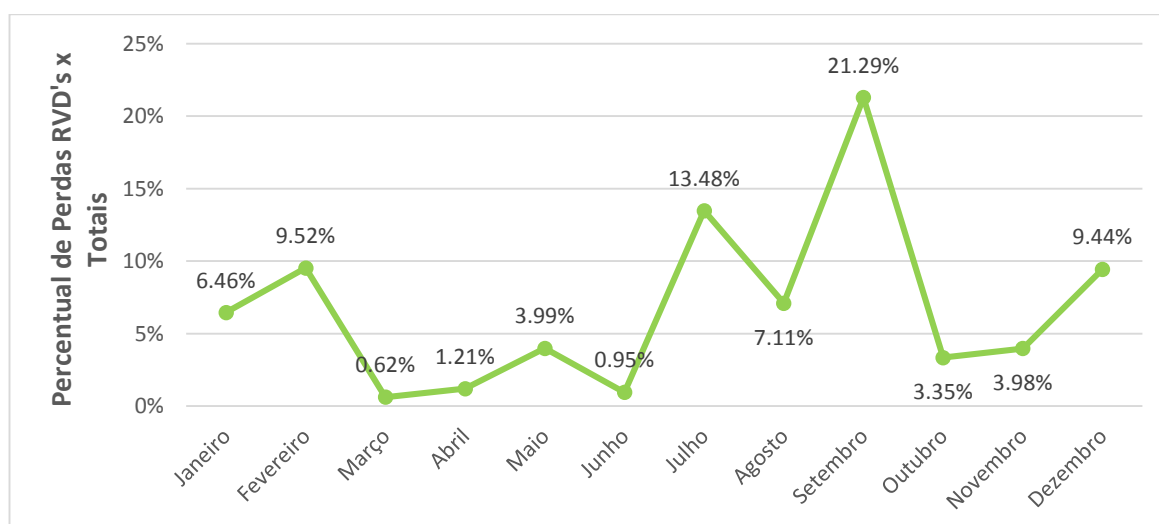
25%
20%
15%
10%
5%
0%

22.25%
13.23%
5.14%
3.96%

2011 2012 2013 2014

Ano

Fonte: Elaborado pelo autor

Os dados indicados no gráfico 1 mostram uma queda acentuada entre os anos de 2011 e 2012 e 2012 e 2013. Vale ressaltar, que a queda no percentual de perdas devido aos RVD's entre 2011 e 2012 não se deu devido ao TPM, uma vez que o time só trabalhou neste projeto a partir de setembro 2013. O que aconteceu neste período foi um trabalho árduo dos engenheiros da planta de Dithane para resolver problemas específicos que traziam muitas perdas de produção à fábrica, o principal deles, foi a troca das válvulas de fundo dos RVD's, que em 2011 e 2012 não conseguiam ser estanques, permitindo a entrada de ar no equipamento, prejudicando seu desempenho de vácuo e entendendo os lotes em até 1 hora.

Gráfico 2 –Percentual mensal de perdas do RVD no ano de 2013

Fonte: Elaborado pelo autor

Já com a implementação do TPM, um fator que contribuiu para a diminuição de perdas entre 2012 e 2013 foi a aplicação de modificações prevista neste projeto; entre elas a mudança no procedimento de fechamento das casas de filtro, onde a utilização de junta na tampa e aplicação de torques corretos nos parafusos excluiu a necessidade de uso do silicone nestes equipamentos, se enquadrando no pilar da melhoria específica e na ideia de trazer o equipamento às suas condições ideais de operação, eliminando as perdas crônicas que estes equipamentos apresentavam. Conforme indicado no gráfico 2, o impacto desta mudança é indicado nas perdas de produção nos meses das paradas de manutenção (fevereiro e outubro), onde normalmente as casas de filtro são abertas para manutenção. Em fevereiro, as casas de filtro foram abertas e houve um certo atraso na partida da planta devido à dificuldade de vedar as tampas das casas de filtro corretamente. Em outubro, mês da primeira parada pós implementação de TPM e mudanças no procedimento de fechamento das casas de filtro, é notável a redução nestas perdas.

Além da redução nas casas de filtro, é curioso observar no Gráfico 2 que o mês em que a implementação do TPM foi iniciada (setembro 2013) e o mês de dezembro tiveram perdas de produção muito grandes. Estas perdas foram perdas esporádicas nunca ocorridas antes no RVD que tiveram de intervenção da manutenção e causaram estas perdas.

Além de observar a diminuição das perdas de produção dos RVD’s, também estudou-se a classificação destas perdas com o intuito de identificar tendências de perdas específicas. Os dados levantados encontram-se na tabela 3.

Tabela 3 – Principais perdas dos RVD's ao longo dos anos

	2011		**2012**		**2013**		**2014**	
Perdas de Produção	**ton**	**%**	**Ton**	**%**	**ton**	**%**	**ton**	**%**
Perda de Vácuo/ Tempo Elevado de Secagem	350	66	215	55	16	12	19	31
Reposição de Gaxeta	-	-	7	2	19	15	8	14

Fonte: Elaborado pelo Autor

Assim como nos dados gerais do gráfico 1, na tabela 3 também observa-se uma queda muito grande de perdas de produção entre 2011 e 2013 e um desaceleramento em

2014. Um fato curioso é que a reposição de gaxetas começou a ganhar maior destaque em 2013, pois antes os problemas vivenciados pelos RVD's eram tão grandes que o problema da gaxeta era "mascarado".

Percebe-se então que, conforme algumas perdas eram eliminadas, outras passavam a aparecer e se tornavam os novos problemas da planta. O caso de reposição de gaxeta é o mais visível de todos, pois conforme as perdas das casas de filtro e válvulas de fundo foram eliminadas, a gaxeta passou a afetar mais o equipamento. Entretanto, após ela se tornar a maior perda, novas ações foram tomadas e em 2014 as perdas por reposição de gaxeta diminuíram, tal fator mostra que, um dos princípios mais importantes das filosofias japonesas como o *Lean Manufacturing* e o TPM foi seguido: o *Kaizen* (melhoria contínua).

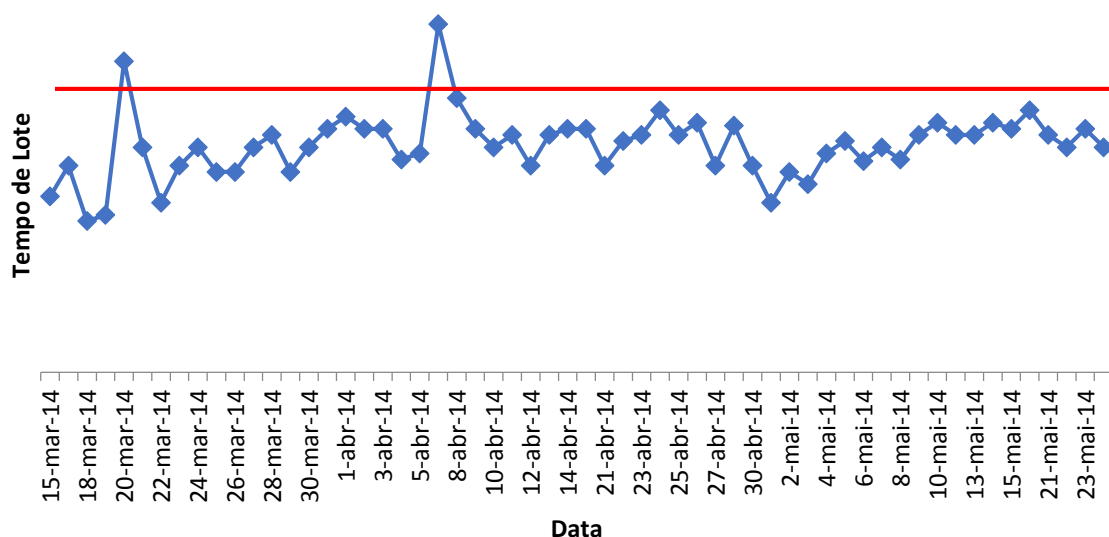
Além da eliminação das perdas crônicas já mencionadas, o desenvolvimento das lições de um ponto trouxe à tona algumas perdas esporádicas que muitas vezes eram esquecidas pelos operadores e influenciavam negativamente no desempenho dos secadores. Com as lições, a manutenção autônoma tornou-se mais presente e as perdas esporádicas passaram a ser mitigadas mais rapidamente, impactando cada vez menos na produção da planta.

Hoje em dia (outubro de 2014), é possível afirmar que as perdas que atacam os RVD's são poucas e crônicas, ou seja, difíceis de serem identificadas e solucionadas. Esta consideração justifica a queda menos brusca de perdas entre 2013 e 2014.

Além das perdas indicadas na tabela 3, é importante ressaltar também que, conforme o histórico de falhas da planta, as outras perdas do RVD faziam com que em 2011 os RVD's ocupassem a primeira, quarta e nona colocação no TOP 10 de perdas da planta provocadas por falha de equipamentos, na onde inclui-se, problemas relacionados à mecânica, instrumentação, elétrica e disciplina de manutenção. Em 2012, os RVD's ocuparam a primeira e oitava colocação neste mesmo ranking. Já em 2013 e 2014, o RVD saiu do TOP 10 da fábrica.

Em termos financeiros, se compararmos os primeiros semestres de 2012 e 2014, identifica-se uma redução de 68.42% dos custos de perdas de produção.

Além dos resultados de redução de perdas, outro fator usado para medir a efetividade das mudanças do TPM foi o acompanhamento diário dos tempos médios de secagem dos lotes em cada um dos RVD's. Os tempos, coletados pelo time TPM e reportados dia-a-dia nas reuniões da planta, serviam como base para análise de tendências de falhas do RVD e estão representados no gráfico 2.

Gráfico 3 - Acompanhamento do tempo médio de secagem do RVD 1 da fábrica. A linha vermelha representa o tempo de secagem limite aceitado pela planta

Fonte: Elaborado pelo autor

Não há nenhuma documentação de controle de tempos de lote antes da implementação do TPM na fábrica, o que torna difícil a comparação entre o antes e o depois das mudanças realizadas neste trabalho. Contudo, é consenso na fábrica que os RVD's nunca operaram tão bem, por um período tão longo com baixos tempos de lote. O time credita este fato à instalação das juntas de Teflon no eixo, que garantiram melhor vedação ao equipamento, diminuindo as perdas de vácuo.

A prática de acompanhamento diário destes lotes permitiu que o time identificasse e resolvesse eventuais problemas nos RVD's de maneira eficaz, ao utilizar as lições ponto a ponto e o FORM 20 (roteiro de inspeção) atingindo diretamente a causa raiz dos problemas. Isso foi observado em 18/03/2014 e 6/04/2014, onde o RVD apresentou falhas pontuais que eram resolvidas no dia seguinte e logo depois o RVD voltou a sua oscilação normal de tempo de lote.

Embora os resultados sejam muito positivos, o TPM não está nem perto de apresentar grau de excelência, tampouco enraizou-se na fábrica de Dithane em Jacareí. Muito trabalho ainda é necessário, estimular os operadores a vivenciar o *kaizen* e nunca estarem satisfeitos com o desempenho até que se alcance zero falhas, zero acidentes e zero perdas é uma das principais atividades a serem investidas e desenvolvidas.

Como ponto falho deste trabalho, acredita-se que a abordagem em implementar o pilar da manutenção autônoma somente numa área específica da fábrica, não envolvendo todo o time de operação, pode trazer confusões sobre o que é realmente o TPM e qual seu objetivo. Não disseminar a manutenção autônoma completamente na planta é um erro, pois a resistência encontrada por boa parte do time de operação dos RVD’s no início do trabalho voltará a ser encontrada quando tentar-se ampliar esta filosofia na empresa. Além do mais, como diz o ditado “basta uma laranja podre para estragar o suco inteiro”, logo, se boa parte da fábrica não concordar com os conceitos do TPM, a chance destas pessoas influenciarem negativamente aqueles que já estão acostumados com a filosofia é grande.

5. CONCLUSÃO

Os resultados de redução de perdas dos anos entre 2012 a 2014 mostram que o TPM foi efetivo e cumpriu seu objetivo geral.

Dos objetivos específicos esperados, é possível afirmar que o estudo da filosofia TPM foi eficiente e extremamente importante na identificação e solução de alguns dos pontos que prejudicavam o desempenho de secagem dos RVDs. Contudo, não foram todas as fontes de perdas que puderam ser eliminadas. Muitas das perdas crônicas foram eliminadas, contudo algumas perdas esporádicas ainda ocorrem, porém são rapidamente mitigadas.

A redução do tempo de lotes, que embora não tenha sido documentada mas é algo visível segundo relato das pessoas mais experientes da planta, também foi outro ponto positivo do trabalho, de tal forma que os RVDs deixaram de ser gargalo da planta para serem um dos equipamentos mais confiáveis da planta.

Como sugestão de próximos trabalhos e evolução do TPM na planta, deve-se investir em mais treinamentos para todos da companhia, é importante que o TPM não seja visto como uma ferramenta que ajudou a diminuir as perdas de produção de um equipamento, mas sim como uma filosofia útil, complexa e eficiente, que deve ser apoiada pela liderança e adotada por todas as pessoas que trabalham na fábrica, desde o administrativo, passando por operação e manutenção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRIGHT, L. F. **Albright's Chemical Engineering Handbook**. Indiana: CRC Press, 2009.

ALMADA, J. A. M. **Manutenção Produtiva Total**. Universidade Salvador. Salvador. 2006.

BELINELLI, M.; PILATTI, L. A.; FRASSON, A. C. **A Manutenção Produtiva Total (TPM) como ferramenta para aumento de disponibilidade de máquina:** estudo de caso em uma indústria do ramo Siderúrgico. XVI SIMPEP - Simpósio de Engenharia de Produção. [S.l.]: [s.n.].

BOLMEN JR., R. A. **Semiconductor safety handbook - Safety and health in the semiconductor industry**. São Francisco: William Andrew Publishing / Noyes, 1998.

BRALLA, J. G. **Handbook of Manufacturing Processes - How Products, Components and Materials are Made**. Nova Iorque: Industrial Press, 2007.

CAPEHART, B. L. **Encyclopedia of Energy Engineering and Technology**. Gainesville: CRC Press, v. 1-3, 2007.

COUPER, J. R. et al. **Chemical Process Equipment**. [S.l.]: Elsevier, 2012.

EATON, M. **The Lean Practioner's Handbook**. [S.l.]: Kogan Page Publishers, 2013. Disponivel em: <http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpLPH00001/lean-practitioner-s-handbook>. Acesso em: 20 out 2014.

GULATI, R. **Maintenance and Reliability Best Practices**. 2ª. ed. Nova Iorque: Industrial Press, Inc., 2013. Disponivel em: <http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpMRBPE001/maintenance-reliability>. Acesso em: 20 out 2014.

KUTZ, M. **Handbook of Farm, Dairy, and Food Machinery**. Delmar: Myer Kutz Associates Inc., 2007.

MATTOX, D. M. **Handbook of Physical Vapor Deposition (PVD) Processing**. [S.l.]: Elsevier, 2010.

MCCARTHY, D.; RICH, N. **Lean TPM - A Blueprint for change**. Online version. ed. Oxford: Elsevier, 2004. Disponivel em: <http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpLM000011/lean-maintenance>. Acesso em: 20 out 2014.

MEISEL, R. M. et al. **Executive guide to understanding and implementing lean six sigma:** The financial impact. Milwaukee: American Society for Quality (ASQ), 2007. Disponivel em: <http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpEGUILSS1/executive-guide-understanding>. Acesso em: 21 out 2014.

MINTON, P. E. **Handbook of Evaporating Technology**. South Charleston: William Andrew Publishing / Noyes, 1986.

MOORE, R. **Selecting the right manufacturing improvment tools:** What tool? When? Online version. ed. Oxford: Elsevier, 2007. Disponivel em: <http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpLTPMABC1/lean-tpm-blueprint-change>. Acesso em: 21 out 2014.

NEVES, P. T. **Manutenção Produtiva Total (Total Productive Maintenance): estudo de caso na colheita mecanizada de cana-de-açúcar**. Universidade de São Paulo. Piracicaba. 2011.

NUNES, M. J.; INFANTE, M. **Pesquisa-ação:** uma metodologia de consultoria. Rio de Janeiro: [s.n.], 1996. Disponivel em: <http://books.scielo.org/id/dydn3/pdf/escola-9788575412671-10.pdf>. Acesso em: 05 Dezembro 2014.

ORTIS, R. A. B. **A implantação do programa TPM na área de estamparia da Volkswagen - Taubaté**. Universidade de Taubaté. Taubaté. 2004.

PAULA, L. F.; SILVA, M. M.; ROCHA, T. J. S. **Os oito pilares da TPM**. UNESP - Universidade Estadual Paulista. Bauru. 2010.

RIANI, A. M. **O Lean Manufacturing aplicado na Becton Dickinson**. Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora. 2006.

RIBEIRO, C. R. **Processo de implementação da manutenção produtiva total (T.P.M.) na indústria brasileira**. Universidade de Taubaté. Taubaté. 2003.

SMITH, R.; HAWKINS, B. **Lean Maintenance**. Online version. ed. Oxford: Elsevier, 2004. Disponivel em: <http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpLM000011/lean-maintenance>. Acesso em: 20 out 2014.

TONIETTO, F. T. O Programa TPM - 8 Pilares - Manutenção Autônoma, 2012. Disponivel em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAxCEAE/programa-tpm-8-pilares-manutencao#>. Acesso em: 29 Out 2014.

Total Productive Maintenance. Industry Forum. [S.l.]. 2013.

WALKER, H. F.; BENBOW, D. W.; ELSHENNAWY, A. K. **The certified quality technician handbook**. 2ª. ed. [S.l.]: American Society for Quality (QSA), 2013. Disponivel em: <http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpCQTHE00L/certified-quality-technician>. Acesso em: 21 out 2014.

WHITNEY, D. E. **Mechanical Assemblies - Their design, manufacture and role in product development**. Online version. ed. New York: Oxford University Press, 2004. Disponivel em: <http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpMATDMRPF/mechanical-assemblies>. Acesso em: 21 out 2014.

WILLMOTT, P.; MCCARTHY, D. **TPM - A Route to World-Class Performance**. [S.l.]: Elsevier, 2001.

YAMAGUCHI, C. T. **TPM - Manutenção produtiva total**. Instituto de Consultoria e Aperfeiçoamento Profissional. São João Del Rei. 2005.

APÊNDICE A – Dados de perdas de produção da planta de Dithane entre 2011 e 2014

Tabela A.1 – Principais perdas de produção da fábrica de Dithane entre 2011 e 2014.

Ano	RVD	Paradas de Manutenção	Implementação de Projetos	Utilidades	Outras Perdas	Total Ano
2011	22.25%	21.05%	8.85%	4.69%	43.16%	100%
2012	13.23%	10.44%	11.63%	7.55%	57.15%	100%
2013	5.14%	21.98%	2.49%	6.46%	63.94%	100%
2014	3.96%	12.54%	5.26%	7.65%	70.59%	100%

Fonte: Elaborado pelo autor

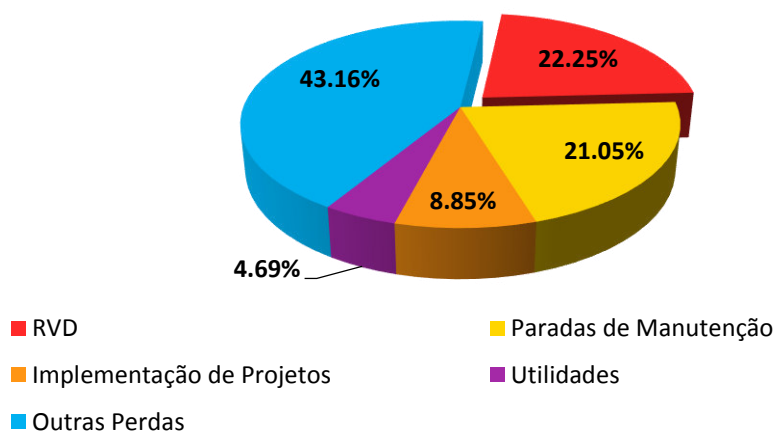
Gráfico A.1 – Principais perdas de produção da planta de Dithane em 2011

Fonte: Elaborado pelo autor

Gráfico A.2 – Principais perdas de produção da planta de Dithane em 2012

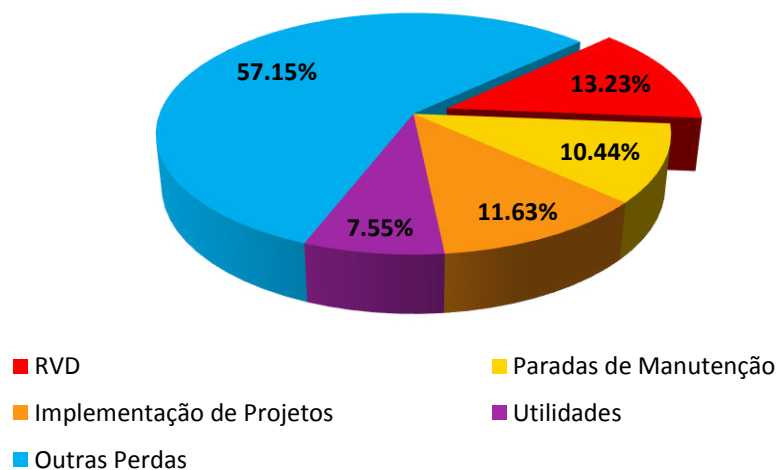
Perdas de Produção de 2012

Fonte: Elaborado pelo autor

Gráfico A.3 – Principais perdas de produção da planta de Dithane em 2013

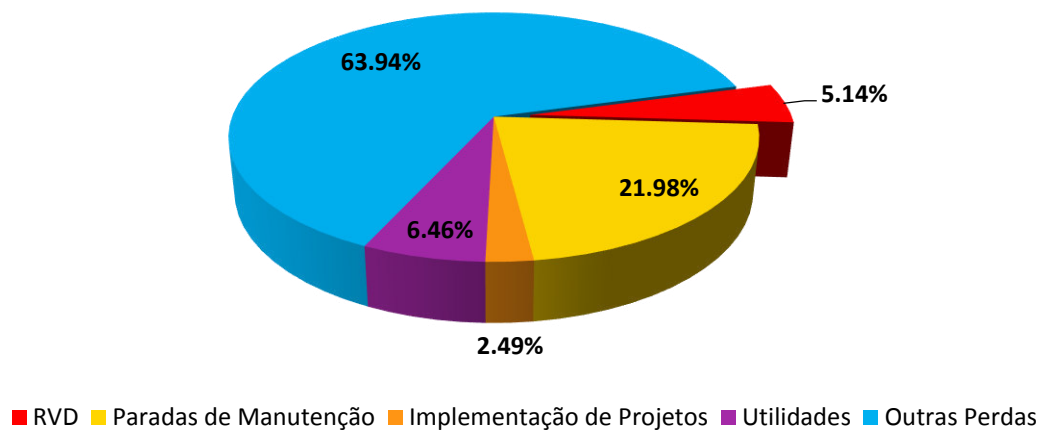
2013 Production Losses

Fonte: Elaborado pelo autor

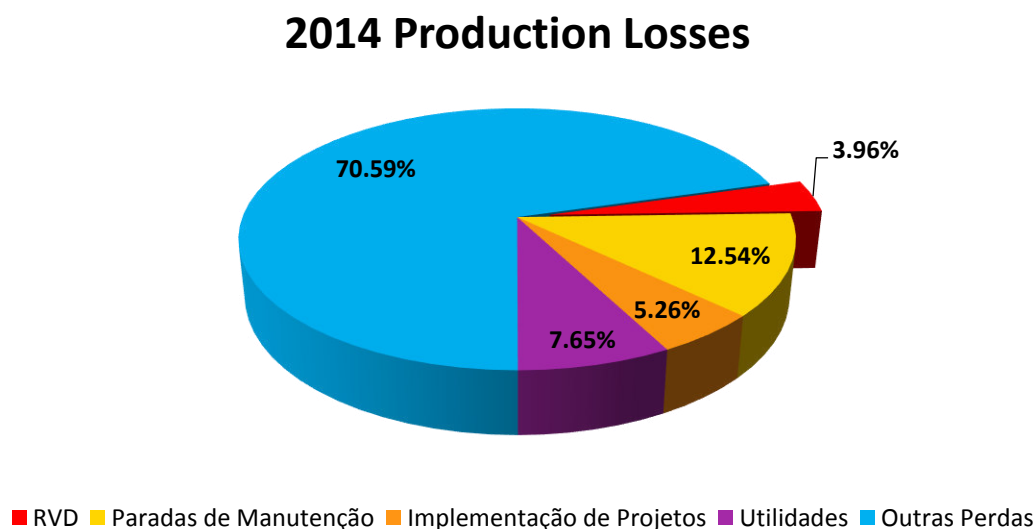
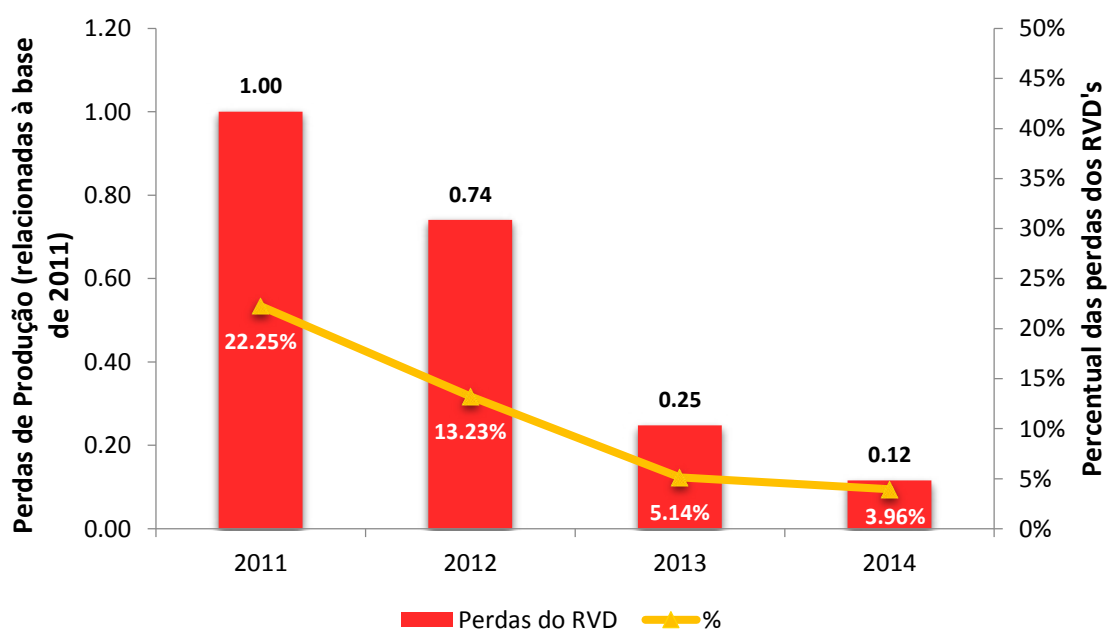
Gráfico A.4 – Principais perdas de produção da planta de Dithane no primeiro semestre de 2014

Fonte: Elaborado pelo autor

Gráfico A.5 – Acompanhamento das perdas de produção causadas pelos RVD's entre 2011 e 2014. Para manter certos dados confidenciais, o número de 2011 foi usado como base para os outros.

Fonte: Elaborado pelo autor

APÊNDICE B – LIÇÕES PONTO A PONTO DESENVOLVIDAS NESTE PROJETO

Figura B,1 – LPP: Ajuste de gaxetas com aplicação correta de torque.

LIÇÃO PONTO A PONTO

Ajuste de gaxetas com aplicação correta de torque

Gaxeta: A gaxeta é um elemento de vedação que deforma-se com facilidade, que permite vazamentos e é utilizada nos RVD's

Ajuste de gaxeta: Por permitirem vazamento, as gaxetas precisam ser ajustadas com frequência. O ajuste não deve ser feito com muita força, caso contrário, há deformação da gaxeta e consequente perda de vácuo no RVD

Figura 1: Torquímetro: para correto ajuste de gaxeta

Figura 2: Caixa de gaxetas do RVD: sequência para aplicação dos passos de torque

Torquímetro: Para realizar o ajuste de gaxeta corretamente, é preciso aplicar um torque correto através de um torquímetro (figura 1)

Aplicação de torque em cruz: Para que a aplicação do torque seja feita de forma correta, é essencial realizar a aplicação das forças em cruz, por isso, é importante seguir a sequência descrita na figura 2 para os três primeiros passos de torque.

Passos de torque: A aplicação do torque deve possuir 4 passos:

1- Aplicar torque de 30lb/ft (EM CRUZ)
2-Aplicar torque de 60lb/ft (EM CRUZ)
3-Aplicar torque de 100lb/ft (EM CRUZ)
4-Aplicar torque de 100lb/ft seguindo a circuferência da caixa de gaxeta. (figura 3)

Obs.: O 4º passo de torque deve ser repetido até os parafusos não se mexerem mais.

1X

Figura 3: Caixa de gaxetas do RVD: Último passo de aplicação de torque

Nunca esquecer de aplicar os torques em cruz e o último torque seguindo a circunferência!

MOC#9279842014050010 Rev. 0

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura B.2 – LPP: Sistema formador de vácuo – condensadores.

LIÇÃO PONTO A PONTO

Sistema formador de vácuo – Condensadores (BC's)

Um único ejetor não é capaz de gerar vácuo suficiente para o funcionamento dos RVDs, por isso, na **planta de Dithane é necessário o funcionamento de um sistema de 5 ejetores e dois condensadores.**

Os condensadores têm papel importante na formação do vácuo pois ele **otimizam o arraste de gases** através da lavagem dos vapores vindos dos ejetores anteriores conforme mostrado na figura 1.

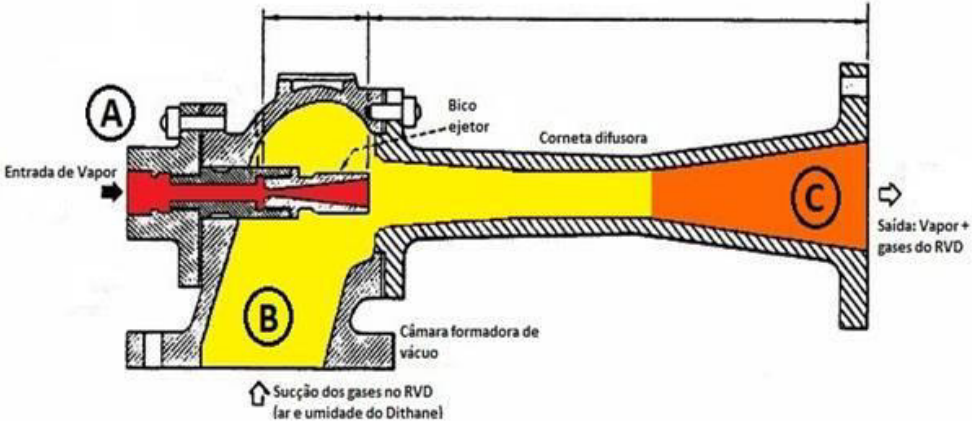
Figura 1 – Sistema de funcionamento de um condensador.

Os gases vindos do RVD são lavados e resfriados pela água de refrigeração vinda da CT-910. Esse **resfriamento aumenta o vácuo** por diminuição no volume devido à condensação de algumas partículas gasosas. Na saída do condensador, há uma ligação com outro ejetor para que o processo seja repetido, aumentando a eficiência da formação de vácuo.

Uma forma de identificar o bom funcionamento dos condensadores é **monitorando a temperatura na saída de cima do condensador (deve estar mais fria do que a entrada).** Quando a água de refrigeração da CT-910 estiver mais quente, o resfriamento diminui e consequentemente há uma diminuição na formação de vácuo.

MOC#9279842014050010 **Rev. 0**

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura B.3 – LPP: Sistema formador de vácuo - ejetores

LIÇÃO PONTO A PONTO

Sistema formador de vácuo – Ejetores

A formação do vácuo no RVD é feita através de **arraste** de vapor através de um sistema composto por cinco ejetores (1 booster, 2 principais e 2 hoggers) e dois condesandores.
Para um bom desempenho do vácuo é **essencial manter os componentes do sistema em condições ideias de operação.**

A formação de vácuo nos ejetores funciona conforme ilustrado na figura 1:

Figura 1 – Esquema de funcionamento de ejetor, onde a entrada de vapor se dá em A e a formação de vácuo em B

O vapor de alta pressão da fábrica (13kgf/cm2) entra na parte A e ao passar pelo bico ejetor, tem sua pressão transformada em velocidade. A velocidade com que o vapor sai da zona A para a zona B é tão rápida que **arrasta os outros gases da zona B** para a zona C, **formando** assim **o vácuo no RVD.**

Para um bom desempenho do vácuo é necessário

• **Um vapor de alta pressão de boa qualidade** (pouco condensado) pois quanto mais vapor e maior a pressão, maior a velocidade e consequentemente, maior o **arraste;**

•O bom funcionamento do **bico injetor** para que o arraste de gases seja possível;

Uma forma fácil e prática para saber se os ejetores estão trabalhando bem é **monitorar a temperatura nas diferentes partes do ejetor.** É sabido que:

•A linha de entrada de vapor (zona A) deve ser mais quente que qualquer outra parte do ejetor;

•A corneta deve ser mais fria que a entrada de vapor, mas mais quente que a zona B (sucção do RVD).

Monitorar a temperatura dos ejetores com Rytek é fácil e rápido, se um único ejetor apresentar uma temperatura uniforme em toda o seu corpo (mesmo que ela seja alta), **significa que há algo errado.**

MOC#9279842014050010 Rev.0

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura B.4 – LPP: Parafusos do RVD e das casas de filtro

LIÇÃO PONTO A PONTO

Parafusos do RVD e das Casas de Filtro

Parafusos são pontos que devem ser apertados regularmente, pois é normal o surgimento de folgas devido a vibração dos equipamentos. Quando há folga entre parafuso e superfície, a perda de vácuo pode ocorrer!

Figura 1 – Parafusos das tampas dos RVDs

O ponto onde pode-se encontrar maior perda de vácuo por falta de aperto de parafusos fica na tampa do RVD. Sempre que houver um mau desempenho do RVD, o teste de espuma e o aperto desses parafusos deve ser uma ação a ser tomada, pois **é uma atividade simples e rápida**

(a)

(b)

Figura 2 – (a) Parafuso das tampas das casas de filtro; (b) Parafusos de fundo das casas de filtro (mais ao fundo)

Outros pontos em que podem haver perdas de vácuo, porém muito mais raro que na tampa do RVD, são nos parafusos das casas de filtro. Quando possível, o teste de espuma e aperto dos parafusos é bem-vindo.

Obs.: Para aperto da parte superior das casas de filtro deve ser feito dando um passo circular com torquímetro conforme descrito em procedimento.

MOC#9279842014050010 Rev.0

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura B.5 – LPP: Válvulas de respiro.

LIÇÃO PONTO A PONTO

Válvulas de Respiro

A válvula de respiro do RVD e a válvula de alívio do braço de vapor, são pontos fáceis de serem inspecionados e que podem gerar bastante perda de vácuo .

(a)

(b)

(c)

Figura 1: Válvula de respiro do RVD (a) durante operação normal; (b) quebrando o vácuo; (c) com o RVD a pressão atmosférica

Para verificar se as válvulas estão dando passagem, basta colocar a mão no bocal de saída da válvula enquanto o RVD está em operação, caso haja algum indício de sucção, a válvula precisa ser substituída.

(a)

(b)

Figura 2: Válvula de alívio do braço de vapor (a) lado 1; (b) lado 2.
Obs.: Ambas as válvulas localizam-se no andar das casas de filtro.

MOC#9279842014050010 Rev.0

Fonte: Elaborado pelo autor